Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

60. Jahrgang

1939

I. Halbjahr

Berlin

Im Buchhandel durch Julius Springer

1939

Inhaltsverzeichnis.

(I. Halbjahr 1939)

A. Sachverzeichnis.

Zeichenerklärung: * = größerer Aufsatz. — Brf. = Brief an die ETZ. — B. = Berichtigung. — Vortr. = Vortrag. Bespr. = Besprechung. — *Arch.* = Archiv f. Elektrotechn., Bd. 33 (1939). — *E u M* = Elektrotechnik und Maschinenbau.
Alle Zeichen stehen vor der Seitenzahl. Weitere Abkürzungen s. Abt. A IV, VDE.

I. Aufsätze, Rundschau und kleinere Mitteilungen.

II. Persönliches

III. Schrifttum.

Elektrotechnische Zeitschrift (ETZ).

Andere Zeitschriften.

Bücher.

Buchbesprechungen.

IV. Verbandsnachrichten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.

VDE-Bestimmungen.

(Änd. = Änderungen und Nachträge zu früheren Fassungen und bestehenden Bestimmungen. Entw. = vollständiger Abdruck von Entwürfen.)

Normblätter.

Prüfstelle des VDE.

Mitgliederversammlung.

Verschiedenes.

Bezirk Berlin-Brandenburg.

(vormals Elektrotechnischer Verein)

Einladungen.

Vorträge.

Verschiedenes.

Andere Bezirke des VDE. und andere Verbände.

V. Geschäftliche Mitteilungen.

B. Namenverzeichnis.

Die Verfasser von Büchern sind nicht in diesem Verzeichnis, sondern unter Abteilung A III des Sachverzeichnisses aufgeführt. Persönliche Nachrichten siehe unter Abteilung A II des Sachverzeichnisses.

Zeichenerklärung: * = größerer Aufsatz. — Brf. = Brief an die ETZ. — B. = Berichtigung. — Vortr. = Vortrag. — Bespr. = Besprechung. *Arch.* = Archiv f. Elektrotechn. Bd. 33 (1939). *E u M* = Elektrotechnik und Maschinenbau. — Alle Zeichen stehen vor der Seitenzahl.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 5. Januar 1939 | Heft 1

Das neue Röhrenprogramm.

Von F. C. Saic VDE, Berlin.

DK 621.385 : 621.396.694

Übersicht. Die im Baujahr 1938/39 erzielten technischen Fortschritte im Verstärkerröhrenbau und das neuartige Arbeiten einzelner Röhrentypen aus dem Programm der deutschen Röhrenfabriken wird gruppenweise und zusammenfassend besprochen. In die Besprechung werden sowohl die im Jahre 1938 in Deutschland das erstemal erscheinenden Stahlröhren als auch die Röhren der „roten Serie" einbezogen. Abschließend werden die Sonderarten erwähnt, die zur Bestückung des deutschen Kleinempfängers verwendet werden.

Die Empfängerschaltungstheorie wurde erst in den letzten Jahren zu einer nahezu selbständigen Wissenschaft im Rahmen der hochfrequenten Technik, die nach Loslösung von ursprünglich übernommenen Vorstellungen aus der Starkstromtechnik nunmehr ihre eigene Sprache spricht. Sie wurde aus einem überaus stürmischen Entwicklungsprozeß rein empirischer Versuchstechnik geboren, die von der Röhre kaum mehr verlangte als eine möglichst kräftige Verstärkung. Das ist alles anders geworden. War noch vor kurzem der Röhrenentwickler der Gebende (Hexode) und der Schaltungstechniker der Nehmende, der um die gegebene Röhre seine Schaltung baute, so stellt er heute, auf Grund seiner inzwischen gewonnenen theoretischen Erkenntnisse ganz präzise Forderungen hinsichtlich besonderer Röhreneigenschaften, die er für seine schaltungstechnischen Fortentwicklungen braucht.

Im Vordergrund seines Interesses steht gegenwärtig die Verbesserung unserer Kurzwellenschaltungen, von der die Exportfähigkeit unserer Geräte maßgeblich abhängt. Eine solche Verbesserung war aber nur mit neuen, für den KW.-Empfang geeigneteren Röhren erreichbar.

Eine Verbesserung der hochfrequenten Verzerrungen durch selbsttätige Anpassung des Aussteuerbereiches der geregelten Röhre an die Signalgröße kannte man schon lange in Form der nun „gleitende Schirmgitterspannung" genannten Maßnahme; jedoch gab es bisher keine Röhren, die diese Möglichkeit voll auszunutzen gestatteten.

Bei der Signaldemodulation zeigten sich Verzerrungen, wenn man über der gleichen Kathode eine verzögerte Regelspannung aufbaute. Diese Verzerrungen steigerten sich, wenn die Röhre selbst in die obligatorisch gewordene Gegenkopplung mit einbezogen wurde. Es fehlte an einer Röhre mit getrennter Kathode für je ein Diodensystem. Eine besonders schöne Lösung dieser Frage wurde überdies durch die Dreifachdiode gefunden.

Die hohen niederfrequenten Verstärkungen, die durch den KW.-Empfang und durch die Gegenkopplungsschaltungen bedingt, vielfach verwendet werden, beeinflussen den Regelgang eines Verstärkers sehr ungünstig. Deshalb forderte die Industrie schon lange die Möglichkeit einer verzerrungsarmen Vorwärts- (niederfrequenten) Regelung. Diese zusätzliche Regelung gestattet es, den Regelbereich der rückwärts geregelten Hochfrequenzröhren einzuengen und auf einen optimalen Bereich zu beschränken. Mit Rücksicht auf die — auch in den neuen Röhren — nie ganz unterdrückbaren Raumladungseffekte der Mischröhren bei hoher Regelung und im Kurzwellenbereich bedeutet das eine starke Herabsetzung dieser Effekte bei Mischröhren, ganz besonders dann, wenn sie als Eingangsröhren verwendet werden, und gleichzeitig für alle Regelröhren eine Herabsetzung der hochfrequenten Verzerrungen.

Endlich bestand Bedarf an einer Endröhre hoher Steilheit bei mäßigem Aussteuerbedarf (Gegenkopplung) und hoher Sprechleistung (Dynamik). Hinsichtlich des äußeren Aufbaues war von großen deutschen Empfängerfabriken gefordert worden, von dem „herausgeführten" Steuergitter abzugehen, das u. U. lange abgeschirmte Zuleitungen notwendig macht, die, in den empfindlichsten Teilen der Schaltung liegend, die beabsichtigte Wirkung der herausgeführten Steuergitter unter Umständen geradezu ins Gegenteil verwandeln können.

Endlich sollte nach dem Muster des Auslandes im Wege einer Einheitsheizung mit 1,26 W für alle Röhren mit Ausnahme von Endröhren, Gleichrichterröhren und Sonderröhren, jedenfalls aber mit einer Fadenspannung von 6,3 V für alle Röhren ein Abbau der deutschen Röhrenserien (sieben) eingeleitet werden. Die Herabsetzung der Heizleistung erwies sich im Zuge der Maßnahmen, die für den Aufbau der neuen Röhrensysteme ergriffen werden mußten, späterhin sogar als unumgänglich notwendig.

Dieser Wunschzettel macht keinen Anspruch auf Vollständigkeit, er hat aber eine besondere Eigenschaft: er ist nämlich in den Grundzügen auf der ganzen Welt der gleiche. Während man nun im Auslande, besonders in den V. S. Amerika und Holland, den jeweiligen Forderungen der Schaltungstechnik „gleitend" entsprochen hatte und Röhren entwickelte, die hinsichtlich ihrer äußeren Form Ableitungen der ursprünglichen waren (das betrifft auch die amerikanischen Eisenröhren, die ja beispielsweise auch Gitterherausführungen haben), entschloß man sich bei der deutschen Röhrenfabrik eigentlich verhältnismäßig spät zu den immer dringlicher gewordenen Umstellungen der Röhrensysteme, baute aber dann in Form der neuen Stahlröhre die ganze Röhre, nicht nur ihr System, vollkommen neu auf.

Durch die Heimkehr der Ostmark kommen nun auch die vorher erwähnten ausländischen Bauarten („rote Serie") zu uns, die jedoch im Altreich nur für den Einzelhandel frei geliefert werden. Sie haben gegenüber den Stahlröhren den Vorteil, daß sie sich schon im

dritten Jahre auf den verschiedensten Auslandsplätzen bewährt und durchgesetzt haben, während die Stahlröhre in jeder baulichen Einzelheit neu ist und trotz der mittlerweile mit ihr gewonnenen guten Erfahrungen sowohl in der Fabrikation als auch im Gerät von der sie herstellenden Firma als „Großversuch" bezeichnet wird.

Die Wege, die zur Erfüllung des oben gestellten Wunschzettels führten, waren dem Röhrenentwickler bekannt. Grundsätzlich handelte es sich vor allem darum, die schädlichen Einflüsse der Laufzeiteneffekte und der Raumladung (Verstimmung beim Regeln und elektronische Dämpfung, eingangskapazitive Änderungen) zu bekämpfen, was zunächst durch eine radikale Verkleinerung der Röhrensysteme möglich erschien, denn die Raumladungskapazität ist dann am kleinsten, wenn die Abstände Gitter — Kathode und Gitter — Schirmgitter möglichst klein sind. War letzteres in den Grenzen des heute technisch bzw. mechanisch Durchführbaren ohne weiteres möglich, so ergab sich bei Verringerung des Abstandes Kathode — Gitter die erhöhte Gefahr der sehr unangenehmen Gitteremission. Hier wurde durch die Verringerung der Heizleistung (vgl. oben) erreicht, daß die neuen Röhren hinsichtlich der Gitteremissionseffekte mindestens die gleiche Sicherheit aufweisen wie ihre Vorgänger.

Die wesentlich verkleinerten Röhrensysteme für beide Ausführungsarten (Stahlröhre und rote Serie) bildeten also die Grundlage für die erstrebten Verbesserungen, die dann durch eine Reihe von baulichen, schaltungstechnischen und (insbesondere bei der roten Serie) elektronenoptischen Maßnahmen erreicht wurden. Über den Aufbau der Stahlröhren war an dieser Stelle[1]) erst kürzlich die Rede. Vom Aufbau der roten Röhren wurde schon gesagt, daß sie angenähert nur eine Verkleinerung der bisher üblichen Systeme darstellen. Eine starke Abweichung zeigt die Oktode EK3, auf die gesondert eingegangen wird.

Im folgenden sollen nun kurz jene Maßnahmen besprochen werden, die mit Hilfe dieser verkleinerten Systeme dazu geführt haben, die eingangs dieses Aufsatzes besprochenen Forderungen der Schaltungstechnik im Rahmen des augenblicklich Erreichbaren zu erfüllen. Die Tafel 1 gibt eine Übersicht über die auf dem deutschen Empfängermarkte neu erscheinenden Röhren und ihren hauptsächlichsten Verwendungszweck.

Tafel 1. Verstärkerröhren.

Bezeichnung		Verwendungszweck
Stahlröhre	rote Serie	
EB 11	EB 4	Duodiode mit getrennten Kathoden
EBC 11	EBC 3	Duodiode-Triode
	EAB 1	Dreifachdiode zur Verwendung in der Dreidiodenschaltung
EBF 11	EBF 2	Regelpentode mit Duodiodensystem (Zwischenfrequenz)
ECH 11		Triode, Hexode (Mischröhre), regelbar
	EK 3	Vierbündeloktode (Mischröhre), regelbar
EF 11	EF 9	HF- und ZF-Regelpentode für gleitende Schirmgittersp.
EF 12	EF 6	Pentode mit konstantem Durchgriff (konst. Steilheit)
EF 13	EF 8	rauscharme Pentode, regelbar
EFM 11		Pentode (NF regelbar) mit Anzeigeschirm (mag. Auge)
	EM 1	Abstimmkreuz
EL 11	EL 3	Endpentode, 9 W
EL 12	EL 5	Endpentode, 18 W, hohe Steilheit
ABL 1	ABL 1, EBL 1	Endpentode (AL 4 Syst.) mit Duodiodensystem
	CBL 1	Allstromendpentode mit nachgesch. Duodiodensystem
KL 4	KL 4	Batterieendröhre 1 W Ausgangsleistung
EDD 11		Gegentakt-B-Röhre für Autoempfänger (Duotriode)
EZ 11		Spezialgleichrichter für Autoempfänger

Die Verkleinerung hochfrequenter Verzerrungen durch Einführung der „gleitenden Schirmgitterspannung" bei Regelröhren.

Die „gleitende Schirmgitterspannung" soll ihrem Wesen nach zuerst besprochen werden, weil sie vielfach bei anderen Maßnahmen zusätzlich mit auftritt. Die Kennlinien von Regelröhren können in Gebieten, die für die Schwundregelung hauptsächlich in Frage kommen, durch Exponentialkurven angenähert werden[2]). Eine solche Kennlinie stellt sich dann im linear logarithmischen Kennlinienfeld als Gerade dar. In Analogie zu den Verhältnissen, die dem Verhalten einer Röhre im Anlaufstromgebiet entsprechen, kann man den Anodenstrom darstellen durch:

$$I_a = I_0 \, e^{U_g/E_T} \quad (U_g < 0) . \tag{1}$$

Hierin bedeuten:

I_0 den Ruhestrom,
U_g die Gitterspannung und
E_T die Temperaturspannung im Anlaufgesetz.

Wird nun die Änderung von $U_g = E_T$, so wird $I_a = I_0 e$, d. h. der Anodenstrom ändert sich dann um das 2,71fache des Ruhestromes. Somit wird die Größe der Änderung von U_g durch die Größe von E_T bestimmt, oder aber, anders ausgedrückt, E_T bestimmt die Steilheit der Geraden, durch die die Regelkennlinie im logarithmisch linearen System dargestellt wird, d. h. ihre Neigung. Um den E_T-Wert einer Kennlinie festzustellen, hat man also nur die Änderung der Gittervorspannung zu bestimmen, die einer Anodenstromänderung um das 2,71fache entspricht. Für die rein exponentielle Kennlinie ist $E_T =$ konst.

Nun kann man bekanntlich das Verzerrungsspektrum, das bei der Verstärkung einer Grundfrequenz mit Hilfe einer beliebig geformten Kennlinie entsteht, mit der Reihenentwicklung nach Taylor errechnen. Maßgeblich für die Beurteilung der hauptsächlichsten hochfrequenten Verzerrungen sind aber, für den praktischen Fall ausreichend, die Bestimmung der nicht linearen Verstärkung der Grundfrequenz, die Modulationsverzerrung und das Gemisch zweier Frequenzen, die zufolge der Kennlinienform entstehen, die Kreuzmodulation.

Beide Verzerrungsarten sind bestimmt durch S_3/S. Dabei ist S die Steilheit (erste Ableitung), S_2 die Krümmung der Kennlinie (zweite Ableitung) und S_3 die Änderung der Krümmung der Kennlinie [dritte Ableitung von $I_a = f(U_g)$]. Unterstellt man nun als funktionellen Zusammenhang zwischen I_a und U_g die oben [Gl. (1)] erwähnte, dem Anlaufgesetz nachgebildete Funktion, und bildet die entsprechenden Ableitungen, so erhält man:

$$\left.\begin{aligned} S_2/S &= 1/E_T = \text{konst., da } E_T \text{ konstant ist, und} \\ S_3/S &= 1/E_T^2 = \text{konst.} \end{aligned}\right\} \tag{2}$$

D. h.: für die rein exponentielle Form der Kennlinie ist die Modulationsverzerrung und die Kreuzmodulationsverzerrung über den ganzen Regelbereich gleich groß und um so kleiner, je größer E_T ist, bzw. je kleiner die Steilheit wird.

Eine so aufgebaute Röhre, die bei streng exponentiellem Charakter ihrer Kennlinie ein sehr großes E_T hätte, würde also bei einem sehr großen Regelbereich (flache Lage der Geraden im linear logarithmischen System) eine sehr kleine Steilheit und einen hohen Anodenstrom im ungeregelten Zustand aufweisen. Das ist — mit Ausnahme der erwünschten Verzerrungsarmut einer solchen Röhre — in jedem Punkte genau das Gegenteil dessen, was man haben möchte. Großer Anodenstrom bei geringer Steilheit bedeutet starkes Röhrenrauschen. Weiterhin macht eine geringe Steilheit im ungeregelten Zustand die Röhre als Regelröhre unbrauchbar, denn mit Rücksicht auf schwache Signale muß gerade im ungeregelten Zustand, also bei höchster Verstärkung, die Steilheit möglichst hoch sein. Großer Regelbereich endlich ist schaltungstechnisch nicht tragbar, insbesondere bei kleineren Geräten.

Bisher versuchte man, diese Widersprüche so zu überbrücken, daß man die Steilheitskurve in der in Abb. 1 gezeigten Form ausbildete. Man begrenzte so den Regel-

[1]) K. Steimel, ETZ 59 (1938) S. 813.

[2]) Vgl. M. J. O. Strutt, Hochfrequenztechn. 42 (1933) S. 206 und 43 (1934) S. 15.

bereich, erhielt einen verhältnismäßig großen mittleren Regelbereich kleiner konstanter Verzerrungen und endlich bei kleiner Regelung oder aber im ungeregelten Zustand eine hohe Steilheit. Das schien berechtigt zu sein, denn für starke Signale (hohe Regelspannung) spielt offenbar die Kreuzmodulation gar keine Rolle, und beim Ortssender kann man es — eventuell durch Schwächung vermittels eines Sperrkreises — auch noch erreichen, daß man im optimalen (flachen) Regelgebiet arbeitet.

Die Regelung nach Abb. 1 hat nun einige sehr bedenkliche Schwächen. Erstens ist der Anodenstrom notwendigerweise hoch (Röhrenrauschen!) im ungeregelten Zustand, weil man derartige Formen der Kennlinie nur durch entsprechend höhere Steigung der Gitterwicklung in gewissem Umfange herstellen kann. (Es sind gleichsam zwei Systeme einander parallel geschaltet, die verschiedene Steilheiten besitzen.) Zweitens entsteht, was nach der Bedeutung von S_3 ohne weiteres erkannt werden wird, an den Knickstellen, insbesondere aber an der oberen, ein Gebiet hoher Kreuzmodulationsverzerrung, das bei ungeschickt gewählter Regelschaltung (etwa in der der Diode vorangehenden Verstärkerröhre) zu sehr unangenehmen Erscheinungen (Durchsprechen, Pfiffe u. dgl. mehr) führen kann. Drittens ist die Vorschrift, bei einem starken Ortssender einen Sperrkreis zu benutzen, alles andere als schön. Wird er aber nicht benutzt, so rutscht der Arbeitspunkt in den letzten steilen Abfall der Kennlinie, und die Wiedergabe wird unter Umständen unter Verzerrungen leiden.

Abb. 1. Form der Steilheitskennlinie im linear log. Kennlinienfeld.

Wenn man die Steilheitskennlinie im linear logarithmischen System um ihren Schnittpunkt mit der Ordinate je nach der Stärke des einfallenden Senders drehen könnte (tatsächlich ergibt sich k e i n Schnittpunkt), Abb. 2, so

Abb. 2. Mechanismus der „gleitenden Schirmgitterspannung". Die gestrichelte Linie (bezeichnet I_a = konstant) im $I_a = U_{g_1}$ Kennlinienfeld bestimmt den jeweiligen Ort der Arbeitspunkte auf den Kennlinien für geringste Verzerrung.

könnte man durch eine flachere oder aber steilere Lage der Kennlinie die jeweils erforderlichen Werte von E_I für die konstante Verzerrung über den ganzen Regelbereich erhalten. Mehr noch: engt man den Regelbereich ein, so müßte es gelingen, den Anodenstrom endlich konstant zu halten. Diese Arbeitsbedingung stellt für das Prinzip der gleitenden Schirmgitterspannung einen Sonderfall dar, der die Bedingung für die „Vorwärtsregelung" ganz allgemein enthält. Konstanter Anodenstrom (an einem phasenreinen Widerstand) der Vorendröhre bedeutet offenbar nichts anderes als konstantes Steuergittersignal für die Endröhre, d. h. „niederfrequente Regelung". Mit Rücksicht auf die erforderlichen hohen E_T-Werte solcher Röhren muß die Schirmgitter-Spannungsvariation aber sehr groß sein. Ein einfacher Vorwiderstand genügt dann nicht mehr. In der Sonderröhre EFM11 ist diesem Umstand röhrentechnisch (durch Parallelschalten eines „Triodensystemes") Rechnung getragen worden. Man könnte aber auch daran denken, diese starken Unterschiede der Schirmgitterspannung so zu erzielen, daß man über eine geeignete Kombination von Vorwiderständen die Schirmgitterströme entsprechend gekoppelter Röhren (der Schaltung) laufen läßt. Dieses Verfahren ist im Auslande schon vielfach verwendet worden.

Nun besteht tatsächlich die Möglichkeit, die Kennlinie in der angegebenen Art „drehen" zu können, wenn man bei g e e i g n e t e r S t r o m v e r t e i l u n g in den Röhren die Schirmgitterspannung nicht fest über ein Potentiometer erzeugt, sondern mit Hilfe eines Reihen-

Abb. 2a. $I_a - U_{g_1}$ Kurvenschar mit U_{g_2} als Parameter — wie Abb. 2 — jedoch die Verhältnisse bei der Röhre EF 9 darstellend. Die obere gestrichelte Kurve gibt den geometrischen Ort aller Arbeitspunkte auf den Kennlinien für einen Reihenwiderstand von 90 000 Ω an, die untere — beginnend von 200 V — gilt für einen Reihenwiderstand von 60 000 Ω.

widerstandes, dessen Wert Rücksicht auf den Schirmgitterstrom als Funktion der Vorspannung und damit auf die Stromverteilung in der Röhre nehmen muß. Das ist auf den ersten Blick nicht recht verständlich, denn man müßte annehmen, daß sich bei einer Erhöhung der Schirmgitterspannung die Kennlinie parallel zu sich selbst verschiebt. Tatsächlich geschieht aber folgendes: Bei immer größer werdender negativer Vorspannung werden von den Gitterwindungen immer größere Streifen auf der Kathode abgeschirmt. Daher muß die Steilheit bei langsam ansteigendem Anodenstrom sinken. Es ist dann aber auch möglich, das Gitter wieder mit kleinerer Steigung zu wickeln und den Anodenstrom auch in ungeregeltem Zustand auf verhältnismäßig niedrigere Werte zu bringen.

Die gleitende Schirmgitterspannung wird angewendet bei den Röhren: EBF11, EBF2, ECH11, EK3, EF11, EF9, EF13, EF8 und in der Erweiterung bei der Vorwärtsregelung der EFM11, also in einer niederfrequenten Regelung. Die Gesamtregelung spielt sich hierbei in einem Umfange von etwa 1 : 7 ab.

Verbesserung des Kurzwellenempfanges.

M a ß n a h m e n g e g e n d a s R ö h r e n r a u s c h e n.

Die Behandlung dieser Probleme war bisher beinahe ausschließlich theoretischer Natur. Der erste allgemeinere praktische Schritt wurde mit dem Erscheinen der „rauscharmen Röhren" EF13 bzw. EF8 gemacht. Man muß sich darüber klar sein, daß die Bezeichnung „rauscharm" nur mit einer wesentlichen Einschränkung — nämlich auf den Kurzwellenempfang der oberen Bereiche (höheren Frequenzen) — und dann nur relativ zu verstehen ist. Bekanntlich ersetzt man das sogenannte „Schaltungsrauschen" durch äquivalente Widerstände. Man denkt sich dabei den Kreis oder die Schaltung durch einen Widerstand von jener Größe ersetzt, der das genau gleiche Rauschen hervorbringt. Die Elektronenbewegungen in Widerständen als Folge ihres Wärmezustandes faßt man dann als Ströme auf, die an den gedachten Widerständen Spannungen hervorrufen. Das Quadrat dieser so entstehenden Rauschspannung muß proportional zum Widerstandswert sein. So liegt der Rauschwiderstand eines abgestimmten Kreises im Mittel- und Langwellenbereich — entsprechend seiner Impedanz — etwa bei 100 kΩ, im 10 m-Band des Kurzwellenbereiches aber (nach der bekannten Faustformel: Impedanz gleich Meter zu empfangenden Wellenlänge mal 1000) bei etwa 10 kΩ, im UKW.-Bereich aber unter 5 kΩ.

Man hat nun durch Messung an Durchschnittsgeräten festgestellt, daß das Empfangssignal, wenn man „rauschfrei" empfangen will, etwa hundertmal größer sein muß

als die Wurzel aus dem Rauschwiderstandswert, wenn man das Empfangssignal in Millivolt mißt und den Rauschwiderstand in Ohm, wobei in diesem Falle unter Rauschwiderstand der totale Wert, also einschließlich Röhrenrauschen, verstanden wird. Für das Kreisrauschen insbesondere gilt, daß es proportional der Wurzel aus dem Äquivalentwiderstand und der Wurzel aus dem übertragenen Frequenzband zunimmt. Die Rauschspannung an 100 kΩ beträgt bei einer Frequenzbreite von 10 kHz rd. 4 μV.

Nun zu dem Röhrenrauschen als Summand im Wert „totaler Rauschwiderstand". Das Röhrenrauschen rührt bekanntlich von dem ungleichmäßigen Eintreffen der den Elektronenstrom bildenden Elektronen auf der Anode her. Diese Ungleichmäßigkeiten rühren einmal von den verschiedenen Austrittsgeschwindigkeiten der Elektronen aus der Kathode her, die sich ja nur um eine mittlere Geschwindigkeit entsprechend dem Wahrscheinlichkeitsgesetz gruppieren, dann aber hängen sie auch von der Stromverteilung in der Röhre ab. Enthält diese beispielsweise ein Schirmgitter, das einen größeren Elektronenanteil (Schirmgitterstrom) aufnimmt, der dort ja wieder ungleichmäßig auftrifft, so wird diese Schwankung auf die Anode zurückwirken, d. h. die Elektronenschwankungen an der Anode müssen bei Schirmgitterröhren größer sein: Schirmgitterröhren rauschen stärker als Trioden.

Der erste Schritt zur Verminderung des Röhrenrauschens besteht darin, daß man versucht hat, dieses durch das Schirmgitter hervorgerufene stärkere Rauschen der Schirmgitterröhren auf die Werte des Triodenrauschens herabzusetzen. Man ging dabei so vor, daß man zum Schirmgitter parallel ein Nullgitter in die Röhren einbaute, das Windung für Windung auf genau gleicher Höhe mit dem Schirmgitter liegt. Das „Nullgitter" hat Kathodenpotential, es erfolgt eine Brennpunktwirkung derart, daß, wie Abb. 3 zeigt, das Schirmgitter nicht mehr bzw. kaum mehr von Elektronen getroffen wird. Das heißt, der Schirmgitterstrom ist außerordentlich klein geworden. In der Röhre EF8 beträgt er nur mehr 0,2 mA (früher 2 mA in der Röhre EF5, d. i. eine Röhre der roten Serie vom Jahr vorher).

A Anode N Nullgitter
B Bremsgitter St Steuergitter
Sch Schirmgitter K Kathode

A B Sch N St K

Abb. 3. Die Anordnung des „Nullgitters" bei rauscharmen Röhren.

Nun liegt es nahe, auch das Röhrenrauschen durch einen Äquivalentwiderstand zu ersetzen, den man sich in der Schaltung liegend im Gitterkreis vorstellen kann. Die Röhre ist rauschfrei gedacht. Denkt man sich nun das Röhrenrauschen durch einen Äquivalentwiderstand ersetzt, so beträgt dieser bei der „rauscharmen Röhre" EF8 3 kΩ, bei der älteren Röhre EF5 (vgl. oben) dagegen 15 kΩ. Der Totalrauschwiderstand beträgt also für den

	Rundfunkbereich	oberen Kurzwellenbereich
bei der Röhre:		
EF5	(100 + 15) kΩ = 115 kΩ	(10 + 15) kΩ = 25 kΩ
EF8	(100 + 3) kΩ = 103 kΩ	(10 + 3) kΩ = 13 kΩ.

Man erkennt also: Für den Rundfunkbereich bringt die EF5 bzw. die EF8 kaum eine Verbesserung, sie wird aber um so wesentlicher, je höher die Empfangsfrequenz im Kurzwellenbereich ist bzw. je kleiner die Kreisimpedanz wird. Man kann aus diesen Angaben leicht die äquivalente Rauschspannung, etwa für den UKW.-Empfang, berechnen (Ton). Unter Verwendung der EF8 und einem übertragenen Frequenzband von 20 kHz beträgt diese Rauschspannung:

$$E_{EF8} = 4 \cdot \sqrt{0{,}03} \cdot \sqrt{2} \approx 1\,\mu V.$$

Es wäre nun noch interessant, auszurechnen, wie hoch die Spannung des rauschfreien Signales bei diesem Beispiele sein müßte. Die Impedanz des Gitterkreises sei zu 3000 Ω angenommen, dann errechnet man einen Totalrauschwiderstand von 3000 + 3000 = 6000 Ω. Daher ist nach dem oben Gesagten:

$$100 \cdot \underset{\text{in mV}}{E_{\text{rauschfrei}}} = \sqrt{6000}\,, \qquad E_{\text{rauschfrei}} \approx 0{,}78\ \text{mV}.$$

Schaltungstechnisch wäre noch zu sagen, daß man für rauscharme Schaltungen niemals die hochverstärkende und stark rauschende Mischröhre im Eingang verwenden wird, sondern eine Vorröhre, die man — entsprechend der Vorstellung, daß die Rauschspannung der Röhre im Gitterkreis liegt — schwach verstärkend, beispielsweise unter Verwendung einer entsprechenden Anzapfung im Gitterkreis, schalten wird. Damit ergibt sich auch die Möglichkeit, das Antennenrauschen entsprechend herabzusetzen.

Trotz der Vergrößerung des Durchgriffes, der sich durch die Schaltung der rauscharmen Röhren ergibt, sind ihre Impedanzwerte auch auf dem oberen Kurzwellenbereich noch so hoch, daß sie die bei diesen Frequenzen verwendeten Impedanzwerte der Kreise kaum beeinflussen. Die Verstärkung hängt also praktisch von der Spulengüte allein ab.

Die Mischröhren ECH11 und EK3.

Aus der seinerzeit in den V. S. Amerika zuerst aufgekommenen Pentagridröhren wurde in Deutschland in einer von der amerikanischen durchaus verschiedenen und selbständigen Entwicklung die Hexode. Sie, oder wenn man zeitlich korrekt sein will, die Pentagridröhre, bildete den Ausgangspunkt für zwei grundsätzlich verschiedene Entwicklungsrichtungen: die eine führte zur „Oktode", einer Pentodencharakter (insbesondere im Kurzwellenbereich) tragenden Achtelelektrodenröhre, die andere aber führte zu einer Kombinationsröhre, die unter genauer Beibehaltung des Hexodensystemes dadurch entstanden war, daß man diesem eine Oszillatortriode über gleicher Kathode hinzufügte, ein Aufbau, der vielleicht auf die guten Erfahrungen zurückzuführen sein wird, die man mit getrennten Mischschaltungen (Hexode + Triode) gemacht hatte. Die Mischschaltung in der „Triodehexode", wie diese neue Röhre genannt wurde, entspricht genau dem Schaltungsaufbau bei der getrennten Schaltung. Mittlerweile hat man in den V. S. Amerika diesen Aufbau übernommen und noch weiter ausgebaut. Die neue amerikanische Röhre 6K8 setzt über einer waagerechten Doppelkathode die beiden Systeme an die entgegengesetzten Enden eines geräumigen Metallkolbens[3]).

Während man nun bei der neuen Stahlröhre ECH11 die bei ihrer Vorgängerin, der ACH1, noch (im Kurzwellengebiet) vorhandenen Nachteile stark veränderlicher Eingangskapazitäten als Folge von Raumladungswirkungen durch entsprechende Dimensionierung der Systeme, ihrer Abschirmung und durch einen neuartigen Regelvorgang (über den noch zu sprechen sein wird) weitgehend verkleinern bzw. ganz aufheben konnte, wurden bei der neuen EK3 durch einen neuen Aufbau und mit Hilfe elektronenoptischer Mittel, die praktisch einer vollkommenen Entkopplung des Oszillatorsystemes gleichkommen, die grundsätzlichen Nachteile der Röhre, nämlich Frequenzverwerfung und Verringerung der wirksamen Oszillatorsteilheit einerseits, durch eine Kompensationsschaltung anderseits, der „Induktionseffekt" weitgehend unterdrückt. (Influenzwirkung der vor dem vierten Gitter der Röhre sich aufbauenden Raumladung auf das vierte Gitter[4]).) Wir müssen uns hier darauf beschränken, auf die wesentlichsten Aufbaueigenarten dieser beiden Röhren hinzuweisen.

---

3) Nach einer Mitteilung von K. Steimel wurde dieses System schon 1933 von der Telefunken Gesellschaft zum Patent angemeldet.

4) Vgl. M. I. O. Strutt, Moderne Mehrgitter-Elektronenröhren S. 71, Berlin, Julius Springer 1937.

Der Regelvorgang bei der Triodehexode ECH11.

Der Grundgedanke ist folgender: Wenn bei konstant gehaltener Überlagerungs-Frequenzspannung (Oszillatorspannung des Triodensystems) der Aussteuerbereich (durch Verändern des Durchgriffes bzw. der Steilheit) der Röhre vom Steuergitter aus gesehen entsprechend der Amplitude des am Steuergitter auftretenden Empfangssignales so verändert werden kann, daß einer großen Amplitude ein großer Aussteuerbereich, einer kleinen aber ein kleiner Aussteuerbereich zugewiesen werden kann, so muß es bei entsprechendem Aufbau gelingen, daß sich der Modulationsgrad am Mischgitter (drittem Gitter) entsprechend der Signalstärke ändert. Das ist aber nichts anderes als ein Regelvorgang. Dies wird folgendermaßen erreicht: Das Steuergitter und das Mischgitter haben genau dieselbe Windungsart. Sie sind beide mit veränderlicher Steigung gewickelt. Beim Regelvorgang können nun bei entsprechend hoher negativer Vorspannung des Steuergitters Elektronen nur noch dort austreten, wo die Steigung der Wicklung des Steuergitters groß ist, sie treffen aber auf das mit der gleich großen Steigung in diesem Teil gewickelte Gitter 3. Da die an diesem Gitter auch auftretende Oszillatorspannung aber konstant ist, ergibt sich ein bestimmter Modulationsgrad, der durch die Aussteuerung bestimmt wird. Wird nun das einfallende Signal stärker, die Steuergittervorspannung größer, so treten Elektronen nur mehr durch die Steuergitterwindungen aus, die die größte Steigung haben, und treffen auf die Mischgitterwindungen von ebenfalls größter Steigung. Das bedeutet aber eine Vergrößerung des Durchgriffes gegen vorher bzw. eine weitere Abnahme des Modulationsgrades, weil ja die Oszillatorspannung nach wie vor konstant geblieben ist.

Es ist also wieder die gleitende Schirmgitterspannung das Mittel für den beabsichtigten Zweck. Will man aber diese Maßnahme, die wir als vorzügliches Mittel kennengelernt haben, um hochfrequente Verzerrungen im günstigsten Falle über den ganzen Regelbereich konstant zu halten, hier anwenden, so ergeben sich Schwierigkeiten. Durch das Hochgleiten der Schirmgitterspannung ergibt sich nach den früheren Ausführungen ein langsames Zurückgehen der Steilheit. Gleichzeitig nimmt aber, durch die viel wirksamere Durchgriffsvergrößerung bedingt, der Modulationsgrad auf dem Gitter 3 rascher ab und damit die Mischsteilheit. Es gelang, die Abnahme des Modulationsgrades so zu halten, daß beide durch das Hochlaufen der Schirmgitterspannung entstehenden Effekte sich nicht nur ausgleichen, sondern es gelang sogar, die Röhre so aufzubauen, daß die Mischsteilheit rascher abnimmt als die statische Steilheit.

Aufbaumaßnahmen bei der EK3, der Vierbündelelektrode.

Abb. 4 zeigt den Aufbau. Die vier von der Kathode ausgehenden Elektronenbündel, von denen die nach oben und unten gehenden nochmals geteilt sind, haben der Röhre den Namen „Vierbündelelektrode“ gegeben. In der Zeichnung bedeuten K die Kathode, G_1 das Oszillatorgitter und G_2 die Oszillatoranode. Diese werden durch G_3, einem Abschirmkasten, der an Stelle des früheren dritten Gitters eingebaut ist, aber wie dieses mit G_5 auf gleicher Spannung liegt, umschlossen. G_5 selbst ist viereckig ausgebildet; es folgen wie üblich das Bremsgitter G_6 und die Anode A. Die Hilfsschwingungserzeugung erfolgt zwischen G_1 und G_2. Nach dem äußeren Teil der Röhre zu ist dieses System durch G_3 vollkommen geschirmt. Eine Einwirkung von außen, etwa durch von G_4 (das ja negativ liegt) zurückkehrende Elektronen, ist unterbunden, weil die nach oben und unten zu den äußeren Elektroden gehenden Bündel durch die Stege von G_4, die genau über den Öffnungen von G_3 stehen, und durch die Form der Öffnung von G_3 so seitlich abgebogen werden, daß allenfalls rückkehrende Elektronenanteile auf G_3 gesaugt werden, wo sie unschädlich sind (G_3 und G_5 sind gegen Chassis verblockt). Wird also das Steuergitter G_4 bei hoher Regelung stark negativ, so ist ein Durchtritt der Raumladung vor G_4 in den Oszillatorteil unmöglich. Infolge des Aufbaues des Oszillatorteiles sind überdies die Laufzeiteneffekte außerordentlich klein geworden, ganz im Gegensatz zu den früheren Ausführungen der Oktoden.

K Kathode
G_1 Oszillatorgitter
G_2 Oszillatoranode
G_3 Abschirmkasten
G_4, G_5 Steuergitter
G_6 Bremsgitter
A Anode

Abb. 4. Aufbau und Wirkungsweise der elektronenoptischen Maßnahmen bei der „EK 3“.

Die mit der Hilfsschwingung modulierten Elektronenströme an G_1 werden beim Durchtritt durch das Steuergitter G_4, wo sie die zweite Modulation erhalten, durch die Form des Gitters G_5 stark beschleunigt. Dieses besitzt Rechteckform und nähert sich gerade an jenen Stellen am meisten dem Gitter G_4, an denen der Elektronendurchtritt erfolgt. Es ergeben sich also nachstehende Vorteile. Die Raumladung zwischen G_1 und Kathode einerseits sowie zwischen G_2 und G_1 ändert sich beim Regeln nicht. Die Steilheit des Oszillatorsystemes $G_1 - G_2$ wird durch ein Verändern der Gittervorspannung an G_4 nicht beeinflußt, und endlich findet zwischen G_4 und G_2 überhaupt keine Einwirkung statt. Damit sind sowohl die Frequenzverwerfungen wie auch die Veränderung der Oszillatorsteilheit weitgehend unterdrückt worden. Zur Kompensation des Induktionseffektes wird zwischen Gitter 1 und 4 ein Widerstand in Reihe mit einem Kondensator in der Röhre geschaltet (Abb. 5). Für eine bestimmte Oszillatorspannung (12 V) wird hierdurch auch dieser Effekt weitgehend unterdrückt.

Abb. 5. Das System der Röhre EK 3 mit oben erkennbarem Widerstand und Reihenkondensator zur Unterdrückung des Induktionseffektes für eine Oszillatorspannung von etwa 12 V.

Verminderung der Demodulationsverzerrungen durch die Dreifachdiodenschaltung.

Während man in billigeren Empfängern nach wie vor die Kombinationsröhren (EBF11 bzw. EBF2 oder EBC11 bzw. EBC3) zur Demodulation gleichzeitig mit verwenden wird, gestattet eine getrennte Diode die Unterbindung jeder Rückwirkung der Verstärkersysteme auf den Diodenteil. Man kann dann eine Duodiode etwa der Type EB11 oder EB4 verwenden, die mit getrennten Kathoden arbeiten. In letzter Zeit hat sich aber eine besondere Schaltung, die

Dreidiodenschaltung, besonders bewährt, die mit der EAB1, einer Röhre mit drei Diodensystemen, über einer Kathode arbeitet.

Bekanntlich hat der Anschluß einer Diodenstrecke an einen (vorteilhaft primären) Zwischenfrequenzkreis zwecks Gewinnung der verzögerten Regelspannung den Nachteil, daß durch Rückwirkung das zwischenfrequente Signal häufig arg verzerrt wurde. Hierüber gibt es einige sehr gute Veröffentlichungen[5]). Der Idealfall wäre gegeben, wenn bei Anschluß der selbsttätigen Lautstärkeregelung an den Primärkreis des letzten Zwischenfrequenztransformators die verwendete Diodenstrecke keine Vorspannung erhält, die Regelung selbst aber trotzdem verzögert einsetzt. Abb. 6 zeigt, wie man diese Forderung

Abb. 6. Die Dreidiodenschaltung des Aachen-Supers D 57.

mit Hilfe einer als Dreifachdiode geschalteten ABC1 auf einfachste Weise lösen kann. Die Schaltung wird im Aachen-Super D 57 benutzt. Sie hat noch einen besonderen Vorteil. Die Regelspannung der Dreidiodenschaltung ist von der Modulationstiefe des Signales unabhängiger, sie flacht also weder Kontraste ab, noch verursacht sie Fehlanzeigen an Abstimmitteln, wie etwa das magische Auge eines ist.

Pentoden konstanter Steilheit (konstanten Durchgriffs).

Sie sind besonders als NF-Verstärkerröhren gedacht, wegen ihrer ausgezeichneten Kurzwelleneigenschaften aber auch als Kurzwellenaudion zu verwenden. Da der HF-Widerstand von Anode und Steuergitter im KW-Bereich gegen die Impedanzwerte der praktisch herstellbaren abgestimmten Kurzwellenkreise sehr hoch liegt, lassen sich mit diesen Röhren Verstärkungen auch im Kurzwellenbereich erzielen.

Die neue 18 W-Endpentode besitzt, wie schon erwähnt, die nahezu doppelte Steilheit der AL5, die ihr sonst entsprechen würde. Sie wird in Gegenkopplungsschaltungen gern verwendet werden und wird trotz der mit solchen Schaltungen verbundenen Verstärkungseinbußen noch immer Leistung genug übrig behalten, um der Wiedergabe eine besonders gute Dynamik zu geben. Bemerkt soll noch werden, daß in Form der neuen Gleichrichterröhren AZ11, AZ12 (eine verbesserte RGN2004 in kleinerem Kolben) und der EZ12 (einer Doppelweg-Gleichrichterröhre mit 6,3 V Heizspannung) die neuen Röhren ihre gleichgesockelten Gleichrichterröhren erhalten haben. Die Sonderröhren EDD11 und EZ11 (eine Autoendröhre mit zwei Triodensystemen für Gegentakt-B-Schaltungen und ein Spezialgleichrichter nur für Autoempfänger) sind schon bei der Automobilausstellung erschienen.

Röhren des Deutschen Kleinempfängers.

Unter diesen interessiert vor allem die Kombinationsröhre VCL11 und die zugehörige Gleichrichterröhre CY2. Die VCL11 stellt eine Verbundröhre dar, bei der ein zur Gittergleichrichtung bestimmter Triodenteil mit einem Tetrodensystem, das unter Verwendung des Aufbaues mit einer „critical distance" zwischen Schirmgitter und Anode Pentodencharakter erhält, über gemeinsamer Kathode aufgebaut ist. Die Heizspannung beträgt 90 V, der Heizstrom

Abb. 7. Aufbau der DKE-Röhre VCL11.

Abb. 8. Aufbau der DKE-Röhre CY2 (Gleichrichterröhre).

50 mA. Der Durchgriff des Triodensystemes mußte klein gewählt werden, er beträgt nur 1,5 %. Der Schirmgitterstrom des Pentodenteiles beträgt bei normalen Betriebsbedingungen (200 V Anodenspannung und Schirmgitterspannung) 1,3 mA, die Vorspannung beträgt — 4,5 V bei einem Gitterstromeinsatz von rd. — 1,3 V. Die Verstärkung liegt um 80, und der Anpassungswiderstand beträgt 17 000 Ω. Die Abb. 7 und 8 zeigen den Aufbau der beiden Röhren.

Zusammenfassung.

Das Röhrenprogramm 1938/39 — Stahlröhren sowie die Röhren der „roten Serie" — wurde in seinen Hauptvertretern gezeigt. Röhren und schaltungstechnische Maßnahmen, die eine Verbesserung des Kurzwellenempfanges, eine Verminderung der hochfrequenten und Demodulationsverzerrungen bezwecken, wurden kurz angedeutet.

[5]) s. u. a. K. R. Sturley, Wireless Wld. 41 (1937) H. 26, S. 632.

Berechnung der Temperaturverhältnisse in indirekt geheizten Kathoden von Elektronenröhren.

DK 621.385.13 : 536.1

Die im Innern von indirekt geheizten Kathoden für Elektronenröhren auftretenden Höchsttemperaturen, die notwendige Temperatur des Heizdrahtes und die Heizleistung werden berechnet[1]). Zunächst wird die Lösung des Problems für eine Kathode ermittelt, die aus einem Blechzylinder und einem darin befindlichen Isolierstäbchen mit nur einem konzentrischen Kanal für den Heizdraht besteht. Durch konforme Abbildung wird aus dieser Lösung auch die Lösung für den Fall einer Kathode mit *n* auf einem Kreis angeordneten Heizkanälen gefunden. Die Untersuchung des Strahlungsaustauschs zwischen Kathode, Anode und Glaskolben ergibt die notwendige Heizleistung der Kathode; es werden lange und kurze Kathoden behandelt. Die Temperatur der Heizwendel wird unter der Voraussetzung berechnet, daß der Wärmeübergang zwischen der Wendel und der Kanalwand des Isolierstäbchens durch Strahlung erfolgt. Der Einfluß der Wärmeableitung durch die Stützdrähte und Stromzuführungen der Elektroden wird abgeschätzt. An einem Beispiel wird die Anwendung der gefundenen Formeln gezeigt; auf eine erhebliche Verringerung der notwendigen Temperatur der Heizwendel durch Schwärzung der letzteren und der Kanalwand und auf eine Vergrößerung der erforderlichen Heizleistung durch Schwärzung der Anode wird hingewiesen. *Bde.*

[1]) F. Chmelka, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 417; 7½ S., 10 Abb.

Der heutige Stand der elektrischen Gasreinigung.

Von R. Heinrich VDE, Frankfurt a. M.

DK 621.319.5 : 66/69.004.8

Übersicht. An Hand von kennzeichnenden Beispielen wird der heutige Stand der elektrischen Gasreinigung dargestellt. Die für die Elektrofilter benötigten Hochspannungsgleichrichter werden beschrieben. Die wichtigsten Anwendungsgebiete werden besonders herausgestellt.

Der wirtschaftliche Aufschwung der letzten Jahre hat im Zuge der mit ihm verbundenen technischen Weiterentwicklungen auf den verschiedensten Gebieten als Nebenerscheinung meist eine mehr oder weniger unerwünschte Entwicklung von Schwebeteilchen aller Art, also Staub, Rauch und Nebel mit sich gebracht. Diese Schwebeteile müssen aus wirtschaftlichen, betriebstechnischen oder gesundheitlichen Rücksichten meist wiedergewonnen oder beseitigt werden. Zu diesem Zweck haben die Elektrofilter, die sich bereits in den früheren Jahren gut bewährt haben[1] [2] [3], unter den heutigen wirtschaftlich günstigeren Verhältnissen eine sehr weitgehende Anwendung gefunden und ermöglichen zum Teil überhaupt erst die Durchführung neuer Verfahren.

Da die Entwicklung der Filter zu einem gewissen Abschluß gelangt ist — verwendet werden möglichst wenige Typen, und zwar sowohl in bezug auf die erforderlichen Hochspannungs-Gleichrichteraggregate als auch in bezug auf die Filtereinbauten selbst — soll in folgendem eine eingehende Darstellung solcher Anlagen gegeben werden.

Elektrische Einrichtung der Filter.

In Deutschland hat sich für die Erzeugung des hochgespannten Gleichstromes weitgehend der mechanische Drehstromgleichrichter mit Synchronmotorantrieb durchgesetzt, der infolge des praktisch konstanten Gleichstromes, den er liefert[4]), in vielen Fällen eine spezifische Leistungssteigerung der Elektrofilter um 20 % bis 30 % gegenüber den Anlagen mit Wechselstromgleichrichtern ermöglicht. Abb. 1 zeigt einen solchen Drehstrom-Gleichrichtersatz für eine Anschlußleistung von 20 kVA bei etwa 75 kV Scheitelspannung. Er besteht aus der Schalttafel mit eingebautem Spannungsdrehregler, dem mechanischen Gleichrichter und dem Hochspannungs-Drehstromtransformator. Diese Gleichrichtersätze sind für 5, 10, 20, 30 und 40 kVA Anschlußleistung einheitlich durchgebildet. In allen Fällen wurde der gleiche mechanische Gleichrichter mit Synchronmotorantrieb verwendet, während die Größe der Transformatoren, Spannungsregler und Schalter den jeweiligen Leistungen angepaßt ist. Die Spannung des Satzes wird durch einen Drehtransformator geregelt, der in der Schalttafel mit untergebracht ist. Durch den Einbau von Dämpfungswiderständen mit mehreren Anzapfungen im Primärkreis des Transformators wird dafür Sorge getragen, daß bei gelegentlichen Funkenüberschlägen zwischen den Elektroden des Filters keine unzulässigen Überströme auftreten können. Gegen Kurzschlüsse und Dauerüberlastungen ist die Anlage durch Überstromselbstschalter geschützt. Gegen Rundfunkstörungen, die durch die Funkenübergänge an den Kontakten des Gleichrichters ausgelöst werden könnten, werden Schutzdrosselspulen und Dämpfungswiderstände in den Hochspannungsleitungen eingebaut.

Abb. 1. Mechanischer Drehstrom-Hochspannungsgleichrichter 20 kVA, 75 kV.

Dem gleichen Zweck dienen auch Hochspannungskabel, die heute in weitgehendem Maße zur Übertragung des hochgespannten Gleichstromes vom Gleichrichter zu den Elektrofiltern verwendet werden. Durch die entsprechend bemessene Kabelkapazität wird die Eigenschwingungszahl des Leitungssystems Gleichrichter–Kabel–Elektrofilter so gelegt, daß sie außerhalb der im Rundfunk üblichen Wellenlängen liegt[5]).

Im Ausland werden zur Speisung der Elektrofilter heute meist noch mechanische Wechselstrom-Gleichrichter mit Synchronmotorantrieb verwendet[6]). Weiterhin ist eine Anzahl von kleineren Elektrofiltern, z. B. in England mit Hochspannungs - Kupferoxydulplatten - Gleichrichtern ausgerüstet worden, bei denen die Gleichrichterplatten unter Öl in den beim Transformatorenbau üblichen Ölkesseln mit Kühlrippen angeordnet sind. Ferner sind hauptsächlich in England in den letzten Jahren einige Elektrofilter mit Hochspannungs-Gleichstromdynamos gebaut worden. Damit sind die Arbeiten fortgesetzt worden, die z. B. Girvin in V. S. Amerika im Jahre 1914 ohne auf die Dauer befriedigende Ergebnisse aufgenommen hatte. Da man aus Isolationsgründen mit der Maschinenspannung nicht über 15 000 V je Maschine gehen darf, hat man sich durch Hintereinanderschaltung von 2 solcher Maschinen geholfen. Da bei Funkenüberschlägen zwischen den Elektroden im Elektrofilter infolge der hohen Selbstinduktion der Maschinenwicklung an den Wicklungsenden sehr hohe Überspannungen auftreten, so besteht bei diesen Maschinen die Gefahr von Windungsdurchschlägen. Es bleibt abzuwarten, ob sich diese Maschinen, deren Betrieb

[1]) R. Heinrich, Z. VDI 74 (1930) S. 193.
[2]) R. Heinrich, ETZ 55 (1934) S. 413.
[3]) O. Heymann, Montan. Rdsch. 18 (1935) S. 1.
[4]) W. Hoss und W. Deutsch, ETZ (1930) S. 1480.

[5]) DRP 550 343.
[6]) W A. Schmidt u. E. Anderson, Electr. Engng. (1938) S. 232.

bisher nicht ohne Gefahr ist, auf die Dauer einführen können.

Auch mit Glühkathodengleichrichtern sind Dauerversuche an Elektrofilteranlagen durchgeführt worden. Diese Gleichrichter werden nur in beschränktem Umfange und fast ausschließlich in der Einphasen-Halbwellen-Schaltung verwendet.

Im allgemeinen läßt sich auf Grund der heute vorliegenden Ergebnisse sagen, daß sich für den rauhen Elektrofilterbetrieb der mechanische Wechselstrom- oder Drehstrom-Gleichrichter mit Synchronmotorantrieb sowohl in betrieblicher als auch in wirtschaftlicher Hinsicht am besten bewährt hat, wie Erfahrungen im Dauerbetrieb gezeigt haben. Eine große Anzahl derartiger Gleichrichter befindet sich z. B. seit über 20 Jahren anstandslos in Betrieb.

Mechanische Einrichtung der Filter.

Bei dem Entwurf der Filtereinbauteile konnten einige verhältnismäßig wenige Grundtypen aus der früheren Vielheit der Konstruktionen herausgeschält werden, die sich in zahlreichen Anwendungsfällen gut bewährt haben. Zum Niederschlagen von trockenem Staub wie z. B. Kohlenstaub, Zement, Flugasche u. dgl. werden je nach den Raumverhältnissen Vertikal- oder Horizontalfilter verwendet. Insbesondere bei größeren Gasmengen werden diese Filter in großer Anzahl mit Hochleistungs-Niederschlagselektroden ausgerüstet.

Diese Elektroden bestehen z. B. bei Vertikalfiltern aus Hohlkästen, die aus einzelnen profilierten waagerecht gelagerten Blechstreifen so zusammengesetzt sind, daß zwischen den Streifen ein schmaler Hohlraum entsteht. Durch etwas über die Elektrodenfläche greifende Schlitze, die von den Kanten der einzelnen Blechstreifen gebildet werden, fällt dann der an der Elektrodenoberfläche abgeschiedene Staub in den inneren Elektrodenhohlraum. Von dort aus wird der Staub in den Staubsammelbunker des Filters geleitet, ohne daß eine Wiederaufwirbelung durch das im Gegenstrom zur Staubfallrichtung strömende Gas möglich ist. Die Abmessungen der Plattenstreifen, aus denen die Elektroden zusammengestellt werden, sind ebenso wie die zugehörigen Schüttelvorrichtungen, die zum Abwurf des niedergeschlagenen Staubes dienen, genormt. Auf diese Weise können mit einigen wenigen Bauelementen Filter mit den verschiedensten Querschnitten, die ja durch die jeweils zu reinigende Gasmenge gegeben sind, auf einfachste Weise zusammengestellt werden.

Abb. 2. Hochleistungsfangraum-Niederschlagselektroden. Blick von oben in eine Horizontalfilterkammer.

In ähnlicher Weise verwendet man auch für Horizontalfilter Hochleistungselektroden, die aus schmalen, genormten Blechhohlkästen bestehen. Diese sind senkrecht in Richtung des Gasstromes hintereinander in einzelnen parallel verlaufenden Elektrodengassen angeordnet und zur besseren Abreinigung an ihrem oberen Ende pendelnd aufgehängt. Die Wände dieser Blechkästen sind, wie dies in Abb. 2 dargestellt ist, mit besonders geformten Staubfangtaschen versehen[7]).

In der Mitte zwischen den Elektrodengassen befinden sich die Ausströmer- oder Hochspannungselektroden, die meist aus dünnen Drähten aus Sonderlegierungen bestehen. Diese sind z. B. in Rohrrahmen eingespannt, wie dies ebenfalls aus Abb. 2 zu ersehen ist. Unter der Einwirkung des starken elektrischen Feldes zwischen den Ausströmer- und Niederschlagselektroden wird der aufgeladene Staub zu den Niederschlagselektroden hingetrieben. Dort wird der Staub von den Fangtaschen aufgefangen und in das Innere der hohlen Elektrodenkästen geleitet. Im Inneren der Elektrode fällt der Staub dann vor der Gasströmung geschützt in den Staubsammelbunker.

Durch Verwendung dieser Hochleistungselektroden war es möglich, die spezifische Leistung der Filter gegenüber den sonst verwendeten Elektroden aus glatten oder gewellten Blechen zu verdoppeln und teilweise noch mehr zu steigern. Zum Niederschlagen von Flüssigkeitsnebeln wie Teer, Öl, Schwefelsäure u. dgl. werden dagegen meist senkrechte oder waagerechte Kammerfilter verwendet, die mit Niederschlagselektroden aus glatten Blechen versehen sind, da in diesen Fällen ein Fortreißen des Niederschlages durch die Gasströmung nicht stattfinden kann.

Anwendung der Elektrofilter.

Aus der Fülle der Anwendungsgebiete der Elektrofilter sollen nun einige besonders interessante und bezeichnende Fälle geschildert werden.

Gichtgasreinigung.

Für die Verhüttung der heute immer mehr verwendeten ärmeren Eisenerze muß je Tonne Roheisen etwa 1100 bis 1300 kg Koks aufgewendet werden, und zwar gegenüber 900 bis 1000 kg/t bei reicheren Erzen, so daß sich eine wesentliche Steigerung der erzeugten Gichtgasmenge ergibt. Infolge des hohen Gehaltes des Möllers an Kalk, Kieselsäure und Tonerde wird von dem Gichtgas verhältnismäßig viel Staub aus dem Hochofen mitgerissen. Nach den letzten Erfahrungen[8]) kann man unter den geschilderten Verhältnissen etwa mit folgenden Staubgehalten des Gichtgases an den verschiedenen Stellen des Gasleitungssystemes rechnen:

an der Hochofengicht	45 ··· 135 g/Nm³
vor dem Staubsack	30 ··· 100 „
hinter dem Staubsack	8 ··· 25 „
vor dem Wirbler	5 ··· 15 „
hinter dem Wirbler	1,5 ··· 8 „
vor der Gasreinigung	1 ··· 5 „

Durch diese Verhältnisse ergibt sich fast allgemein eine Überlastung der vorhandenen Gichtgas-Feinreinigungen. Hier greift nun das Elektrofilter helfend ein. In Werken, die unter ungünstigen Wasserverhältnissen leiden, haben sich die nach dem Zweistufensystem arbeitenden Elektrofilter bewährt[9]). Dort wo keine Wasserschwierigkeiten vorliegen, finden die einstufigen Gichtgas-Naßelektrofilter immer mehr Eingang.

Das Zweistufen-Elektrofilter arbeitet grundsätzlich wie folgt:

Kühlung des Rohgases in einem Verdampfungskühler durch Wassereinnebelung auf 80° bis 90° C, anschließend Abscheidung von 95 % bis 97 % des trockenen Staubes in dem ersten Vorreinigungs-Elektrofilter, danach Kühlung des Gases in einem Rieselkühler auf etwa 35 °C und dann anschließend Feinreinigung des gekühlten, mit Wassernebeln übersättigten Gases in dem zweiten Naß-

7) DRP 549 644.
8) K. Guthmann, Stahl u. Eisen 58 (1938) S. 857.
9) K. Guthmann, Stahl u. Eisen 57 (1937) S. 922.

elektrofilter auf einen Reststaubgehalt von nur noch etwa 0,005 bis 0,010 g/Nm³, wobei gleichzeitig noch alle im Gas enthaltenen freien Wassernebel mit abgeschieden werden. Das Rieselwasser für den Schlußkühler — etwa 3,0 bis 3,5 m³/1000 Nm³ Gas —, bleibt infolge des geringen Staubgehaltes des in der ersten Elektrofilterstufe vorgereinigten Gases so sauber, daß es praktisch ohne Zusatz an Frischwasser über ein Rückkühlwerk ständig im Kreislauf verwendet werden kann. Die Verdunstungsverluste im Rückkühlwerk, die etwa 3 bis 5 % betragen, werden im allgemeinen durch das im Rieselkühler durch die Kühlung aus dem Gas ausfallende Kondenswasser gedeckt. Das Zweistufensystem zur elektrischen Gichtgasreinigung hat sich in zahlreichen Großanlagen mit Einzelleistungen bis zu 400 000 Nm³/h als außerordentlich betriebssicher und unabhängig von allen Schwankungen des Hochofenbetriebes und der wechselnden Zusammensetzung des Gichtstaubes und des Gichtgases erwiesen.

Abb. 3. Einstufige Gichtgas-Naßelektrofilteranlage für 60 000 Nm³/h.

Der Druckabfall in der Zweistufen-Anlage einschl. Schlußkühler liegt bei etwa 100 bis 120 mm WS. Der Arbeitsverbrauch dieser Anlagen beläuft sich für die Elektrofilter selbst auf etwa 0,800 kWh/1000 Nm³ und für die Pumpenleistung für den Vorkühler, den Schlußkühler und das Rückkühlwerk auf etwa 1,075 kWh/1000 Nm³, also zusammen auf etwa 1,875 kWh/1000 Nm³. Er ist somit gegenüber dem Stromverbrauch von naßmechanischen Gichtgas-Feinreinigungsanlagen, der etwa 6 bis 12 kWh je 1000 Nm³ beträgt, sehr gering.

Steht auf den Hüttenwerken genügend Wasser zur Verfügung oder ist bereits eine Wasserwirtschaft für mechanische Naßreinigungen vorhanden, so wird für die Gichtgas-Feinreinigung mit Vorteil das einstufige Naßelektrofilter verwendet. Der grundsätzliche Aufbau einer solchen Anlage geht aus der Abb. 3 hervor. Von der Rohgasleitung wird das Gas in einen Skrubber geleitet, dessen oberer Teil mit Holzborden ausgesetzt ist und mit einer Wassermenge von etwa 4,5 bis 5,0 m³/1000 Nm³ gründlich gewaschen. Hierdurch sinkt der Staubgehalt des Gases von etwa 8 bis 15 g/Nm³ auf etwa 0,6 bis 0,8 g/Nm³ und die Temperatur des Gases wird auf etwa 35 bis 40° C herabgesetzt. Das mit Wassernebeln übersättigte Gas wird nun in das Elektrofilter geleitet, in dem der Staub mit den Wassernebeln zusammen als dünner Schlamm abgeschieden wird. Das getrocknete und feingereinigte Gas weist hinter dem Filter einen Reststaubgehalt von nur noch etwa 0,005 bis 0,010 g/Nm³ auf. Die Elektroden des Naßfilters werden durch periodische Bespülung mit Wasser sauber gehalten. Das Skrubberwasser und das Ablaufwasser aus dem Filter wird über einen Klärteich geführt und kann dann unter Zusatz einer gewissen Frischwassermenge, die von den jeweiligen Betriebsverhältnissen abhängig ist, über ein Rückkühlwerk im Kreislauf verwendet werden. Der Druckverlust in der Filteranlage einschl. Skrubber beträgt nur etwa 40 bis 60 mm WS., so daß sich in den meisten Fällen der Einbau eines Lüfters zur Gasförderung erübrigt, da der Gasdruck an der Gicht des Hochofens von etwa 300 bis 400 mm WS. ausreicht, um das Gas den einzelnen Verbrauchsstellen zuzudrücken.

Der Stromverbrauch des Naßelektrofilters allein beträgt etwa 0,415 kWh/1000 Nm³, während für die Pumpen für das Skrubberwasser und das Spülwasser des Filters und für das Rückkühlwerk zusammen etwa 1,550 kWh/1000 Nm³, insgesamt also etwa 1,965 kWh/1000 Nm³ benötigt werden. Der Arbeitsaufwand dieser Anlage ist also ebenfalls sehr gering. Die Anlage selbst erfordert verhältnismäßig niedrige Anschaffungskosten und benötigt wenig Raum. Allerdings muß man die bei diesem System unvermeidliche Schlammwirtschaft mit in Kauf nehmen, die aber weniger ins Gewicht fällt, wenn auf dem Werk die betreffenden Kläranlagen usw. bereits vorhanden sind.

Zahlentafel 1. Betriebszahlen von Elektrofiltern in der Tonerde- und Zementindustrie.

Anlage Nr.	Art der Anlage / Leistung	Gasmenge m³/h, t°	Staubgehalt im Rohgas g/m³, t°	Staubgehalt im Reingas g/m³, t°	Entstaubungsgrad in %	Stromverbrauch kWh/1000 m³, t°
1	Bauxittrockner für rd. 180 t/24 h	20 000	15,5	0,048	99,69	0,114
2	Tonerde-Kalziniertrommel für 45 t/24 h, mit Multiklon-Vorabscheider	15 200	296	0,029	99,99	0,464
3	Bauxit-Aufschlußofen, Drehofen für rd. 220 t/24 h	44 000	5,0	0,06	98,80	0,180
4	Zementdrehofen, Naßverfahren, 530 t/24 h, mit Schlammeinlauf	190 000	12,2	0,104	99,15	0,060
5	Zementdrehofen, Naßverfahren, 350 t/24 h, mit Schlammeinspritzung	145 000	21,2	0,067	99,68	0,085
6	Zementdrehofen, Trockenverfahren, 520 t/24 h, mit Abwärmeausnutzung	136 000	20,6	0,193	99,06	0,090
7	Drehofen für nickelhaltiges Eisenerz, 250 t/24 h	45 000	27,5	0,065	99,76	0,270

Besonders interessant ist in dieser Aufstellung die unter Nr. 2 genannte Anlage hinter einer Tonerde-Kalziniertrommel. Der Staubgehalt am Ofenaustritt liegt bei dieser Anlage bei etwa 296 g/m³, t°. Durch einen Multiklonabscheider, der aus mehreren parallel geschalteten Zyklonen mit kleinem Durchmesser besteht, werden die gröberen Bestandteile des Staubes vorweg abgeschieden, so daß der Staubgehalt vor der nachgeschalteten Elektrofilteranlage bei nur noch etwa 30 g/m³ liegt. Auf diese Weise wird das Elektrofilter entlastet und gewinnt den feinsten Staub wieder, der sich mechanisch nicht mehr abscheiden läßt. Der Entstaubungsgrad der Gesamtanlage konnte somit auf wirtschaftlichste Weise auf 99,99% gesteigert werden. Bezüglich des Entstaubungsgrades der unter 4, 5, 6 und 7 aufgeführten Drehofen-Elektrofilter sei darauf hingewiesen, daß die betreffenden Anlagen mit großer Sicherheit projektiert wurden, um auch bei stark wechselnden Betriebsverhältnissen und ungünstigen Betriebsbedingungen eine ausreichende Entstaubung erzielen zu können. Für derartige Anlagen kann im allgemeinen bei nicht zu hohen Rohgasstaubgehalten mit Entstaubungsgraden von etwa 95% bis 97% gearbeitet werden, so daß der Reingasstaubgehalt von etwa 0,5 g/m³, t° bzw. rd. 0,75 g/m³, 0°, feucht, nicht überschritten wird. Bei diesem Entstaubungsgrad werden Staubbelästigungen im allgemeinen vermieden und die Anlagekosten lassen sich in wirtschaftlich vertretbaren Grenzen halten.

In England und Amerika werden einstufige Naß-elektrofilter hinter bereits vorhandenen Feld-Wäschern, McKee- und Brassert-Waschtürmen öfter verwendet; sie haben sich dort bei der Umstellung von der in diesen Ländern bis vor kurzem noch üblichen Grobreinigung auf Feinreinigung sehr gut bewährt. In diesen Ländern befinden sich seit längerer Zeit über etwa 30 derartige Großanlagen mit Einzelleistungen von 50 000 bis 230 000 Nm³/h in Betrieb.

In Deutschland hat man sich die Vorteile der Gichtgas-Feinreinigung schon seit vielen Jahren zu Nutze gemacht. Unter den jetzt in Bau befindlichen Neuanlagen befinden sich mehrere einstufige Naß-Elektrofilteranlagen mit vorgebauten Skrubbern mit Einzelleistungen bis zu 480 000 Nm³/h.

Abgasreinigung in Tonerde- und Zementfabriken.

Mit der Entwicklung der neuen hochwertigen Leichtmetall-Legierungen für die Flugzeug-, Verkehrsmittelindustrie usw. hat die Aluminiumindustrie und damit auch die Tonerdeherstellung in der ganzen Welt einen überraschenden Aufschwung genommen. In den Tonerdefabriken entstehen bei der Bauxittrocknung, in den Bauxitaufschlußöfen und in den Tonerde-Kalziniertrommeln ganz gewaltige Staubmengen, die wegen der Hochwertigkeit dieser Stoffe unbedingt wiedergewonnen werden müssen. Hierfür haben sich in großem Umfange die Elektrofilter durchgesetzt, und es gibt wohl keine neuere Tonerdefabrik, die nicht mit Elektrofiltern ausgerüstet wäre. Besonders groß ist die Staubentwicklung bei den meist mit Generatorgas gefeuerten Tonerde-Kalziniertrommeln, in denen das Kristallwasser aus dem fast chemisch reinen Tonerdehydrat ausgetrieben wird. In dem Abgas derartiger Trommeln werden Staubgehalte bis zu 300 g/m³ und darüber festgestellt. Das heißt, daß bei diesen Hochleistungsöfen teilweise über 150 % der stündlichen Kalzinaterzeugung als Staub von den Heizgasen mit fortgeführt werden. Da dieser Flugstaub noch nicht vollständig kalziniert ist, muß er nach der Abscheidung im Elektrofilter wieder in den Ofen zurückgeführt werden. Es befindet sich also bei manchen dieser Anlagen ständig etwa die eineinhalbfache Menge der stündlichen Kalzinaterzeugung über das Elektrofilter und den Ofen im Kreislauf.

Einige technische Unterlagen über Elektrofilter in Tonerdefabriken sind zusammen mit einigen Angaben von Drehofenanlagen aus der Zement- und Eisenindustrie in der Zahlentafel 1 zusammengestellt.

(Schluß folgt.)

Über die gasionisierende Strahlung einer Funkenstrecke.

DK 537.527.4 : 537.567

Die gemessenen außerordentlich kurzen Zeiten bei der Entwicklung der Elektronenlawine als auch des Durchschlags überhaupt lassen vermuten, daß nicht nur die elementaren Stoßvorgänge, wie Townsend sie bei seinen ersten Forschungen gekannt hat, wirksam sind, sondern daß insbesondere der Lichteffekt maßgeblich beteiligt ist. Es bleibt also zu klären, ob in der Entwicklung eines Funkens, angefangen beim ersten Elektron, das ihn einleitet, irgendwelche Strahlung ausgesandt wird, die in der Lage ist, sowohl das Vorwachsen der Lawine zu begünstigen als auch wiederum Elektronen an der Stelle des Anfangselektrons zu erzeugen, sei es auf der Kathode oder im Gas, und in welchem Stadium der Entwicklung diese Strahlung erfolgt. Den ersten Teil dieser Frage hat H. Raether in seiner vorliegenden Arbeit[1] gelöst. Da die ionisierende Wirkung des Funkenlichtes auf die Elektroden bereits bekannt ist, beschränkt sich die Arbeit auf die Untersuchung gasionisierender Strahlung im Funkenlicht. Mit Hilfe der Nebelkammer, die der Verfasser in seinen früheren Arbeiten zu einem empfindlichen Beobachtungsgerät auch für die Vorprozesse im homogenen Feld entwickelt hat, gelingt es ihm bei Bestrahlung einer ebenen Entladungsstrecke durch das Licht eines Funkens, Ionisierungsspuren in Form der bekannten Elektronenlawine nachzuweisen, und zwar beginnen diese Lawinen gerade an der Stelle des Gasraumes, die von der Strahlung getroffen wird. Abb. 1a zeigt die Versuchsanordnung. Die bestrahlende Funkenstrecke *1* ist in einem kleinen Glasdom an der Wand der Nebelkammer befestigt, um das Kammerinnere nicht mit Fremdionen zu verseuchen. Durch eine Blende von 0,15 mm Dmr., die von einem Zelluloidhäutchen von $^1/_{10000}$ mm Dicke verschlossen ist, geht ein feiner Strahl ionisierender Strahlung in die Hauptentladungskammer. Im Zelluloidhäutchen und auf der Strecke durchstrahlten Gases ist die Absorption beträchtlich. Fenster aus Quarz und Flußspat lassen keine Spur von Strahlung mehr durch. In größerer Entfernung von der Blende nimmt die Lawinendichte stark ab. Der Absorptionskoeffizient ergibt sich aus der Abnahme der Lawinendichte, die sich durch Auszählen der Spuren ermitteln läßt. Seine Druckabhängigkeit beweist, daß in erster Linie die Gasmoleküle ionisiert werden, und nicht die Wasser- und Alkoholmoleküle, die ja zur Sichtbarmachung der Ionen in der Nebelkammer vorhanden sein müssen. Die Untersuchung wird an Luft, Wasserstoff und Sauerstoff durchgeführt. Im Wasserstoff ist die erzeugte Strahlung am intensivsten, der Absorptionskoeffizient ist außerdem hier am geringsten. Aus der Betrachtung der erforderlichen Ionisierungsarbeit findet man die Wellenlänge der ionisierenden Strahlung bei 60 bis 100 mμ, also weit im Ultraviolett. Die Strahlung scheint im Anfangsstadium der Funkenentladung zu entstehen, mindestens jedoch innerhalb der ersten 10millionteI Sekunde (vgl. Abb. 1 b). Verfasser vergleicht außerdem die von ihm entdeckte Strahlung mit der Strahlung in Zählrohren sowie der Sonnenstrahlung auf die Ionosphäre und stellt weitgehende Übereinstimmung in Ionisierungsfähigkeit und Absorptionskoeffizient fest. — Mit der Entdeckung, daß Strahlung aus einer Gasentladung auf der Elektrodenoberfläche ionisiert, ist noch nicht deren maßgebliche Mitwirkung am inneren Entladungsmechanismus entschieden. Ganz ähnlich müssen auch die Untersuchungen über gasionisierende Strahlung beurteilt werden. Die Arbeit des Verfassers bildet einen wertvollen Beitrag zur Erforschung der Gasentladungsvorgänge. *H. Bkr.*

1 Funkenstrecke
2 Elektroden der Nebelkammer
3 Glaswand der Nebelkammer
4 Lichtstrahl
5 Elektronenlawinen

Abb. 1a. Versuchsanordnung zum Nachweis der gasionisierenden Strahlung eines Funkens.

Z Emissionsbeginn der kurzwelligen Funkenstrahlung

Abb. 1b. Verlauf der Spannung an den Elektroden der Nebelkammer, die zur Verstärkung der lichtelektrisch ausgelösten Primärelektronen durch Stoßionisation dient. (Rechteckstoß von 10^{-7} s Dauer).

[1] H. Raether, Z. Phys. 110 (1938) S. 611; 14 S., 7 Abb.

---

50 Jahre Einphasen-Wechselstrom-Reihenschlußmotor.

Von **Hans Kother** VDE, Berlin.

DK 621.333.025.1(091)

Übersicht. Die erste elektrische Bahn wurde 1879 mit Gleichstrom betrieben; rd. ein Jahrzehnt später befaßte man sich mit der Frage, Wechselströme für elektrische Bahnen zu benutzen. Vor genau 50 Jahren [ETZ 10 (1889) S. 1] hat du Bois-Reymond an dieser Stelle alle mit dieser Frage zusammenhängenden Schwierigkeiten dargelegt. Die Entwicklung des Einphasen-Wechselstrom-Reihenschlußmotors seit dieser Zeit wird in kurzen Zügen geschildert.

„Die erste Anwendung von praktischer Bedeutung, welche überhaupt von der elektrischen Kraftübertragung gemacht worden ist, war die elektrische Eisenbahn[1]), welche Siemens & Halske auf der Berliner Gewerbeausstellung im Jahre 1879 vorgeführt haben[2])." Man dachte damals noch nicht daran, elektrische Energie auf weite Entfernungen zu übertragen, und die Energieversorgung der wenigen ortsfesten Verbraucher erfolgte durch nahegelegene kleine Elektrizitätswerke. So ist es zu erklären, daß gerade das Gebiet der elektrischen Bahnen dazu berufen war, Anreiz zur Entwicklung der elektrischen Kraftübertragung zu geben. Die erste, auf der Gewerbeausstellung vorgeführte Bahn wurde mit Gleichstrom betrieben, die Spannung war 150 V, die Leistung des Motors 3 PS, Anker und Erregung waren in Reihe geschaltet, wodurch ein hohes Anfahrmoment erreicht wurde.

Nach diesem ersten brauchbaren Ergebnis der elektrischen Kraftübertragung durch Gleichstrom versuchte man im Laufe des nächsten Jahrzehnts, auch den Wechselstrom zur Lösung der gleichen Aufgabe heranzuziehen. Der Vorteil der Spannungstransformation in ruhenden Apparaten und der Fortleitung des Stromes in dünnen Drähten war so groß, daß es sich lohnte, Anstrengungen zu machen, einen brauchbaren Motor für Wechselstrom zu erfinden.

Es lag nahe, zunächst den Gleichstrom-Reihenschlußmotor auf seine Eignung für Wechselstrombetrieb zu untersuchen. Denn es war schnell erkannt worden, daß „die Drehungsrichtung einer als Motor arbeitenden elektrischen Maschine mit direkter Wicklung unabhängig von der Stromrichtung ist"[3]). Man hatte auch schon festgestellt, daß der Ständer des Gleichstrommotors aus geblättertem Eisen aufgebaut werden muß, wenn der Motor wenigstens einigermaßen befriedigend mit Wechselstrom betrieben werden soll. Aber die Ingenieure jener Zeit waren — trotz der schon längst entwickelten Maxwellschen Theorie — erst im Begriff, den Bau der elektrischen Maschinen auf Grund von theoretischen Überlegungen zu erlernen, wovon die ETZ der achtziger Jahre beredtes Zeugnis ablegt.

Überschaut man heute rückblickend die an sich schon im einzelnen vorhandenen Erkenntnisse über den Bau elektrischer Maschinen, so muß man sagen, daß bereits im Jahre 1885 alle Voraussetzungen zum Bau des heutigen kompensierten Einphasen-Wechselstrom-Reihenschlußmotors vorhanden waren: Menges (Haag) hat in seinem DRP 34 465 vom 6. 12. 1884 die Kompensationswicklungen erfunden, die zur Erzielung eines guten Leistungsfaktors erforderlich sind. Kurze Zeit später hat Rotten (Berlin) in dem DRP 34 784 vom 7. 5. 1885 den Wendepol angegeben und damit die Erfindung von Menges in wertvoller Weise ergänzt.

Wenn man sich fragt, warum wohl damals noch keine gesteigerten Anstrengungen zu verspüren waren, einen mit einphasigem Wechselstrom betriebenen Reihenschlußmotor zu entwickeln, so kommt man heute zu der Überzeugung, daß daran vor allem das fehlende Bedürfnis schuld war. Für die damaligen Anforderungen des Betriebes kam man mit Gleichstrom aus, sowohl für ortsfeste Anlagen als auch für die an Zahl rasch zunehmenden Gruben- und Straßenbahnen. Als gegen Ende der achtziger Jahre der Drehstrommotor erfunden wurde, schienen vorübergehend die Versuche mit dem Einphasen-Stromwendermotor nicht mehr lohnend.

Da tauchte 1888 der Gedanke auf, Wechselströme für elektrische Bahnen zu benutzen, bei welchen „der Transformator auf dem Wagen selbst, unter den Sitzen oder unterhalb des Wagens angebracht werden kann. Man kann dabei mit einer primären Leitung auskommen und die Dynamo zur Erde ableiten"[4]).

Nun versucht du Bois-Reymond in einem Vortrag „Über die Schwierigkeiten, welche der Arbeitsübertragung durch Wechselstrom im Wege stehen", alle einschlägigen Fragen zu klären[5]).

Vor genau 50 Jahren behandelt er die bis dahin vorliegenden Erkenntnisse über den einphasig betriebenen Gleichstrom-Reihenschlußmotor mit geblättertem Ständer, beschreibt eingehend die Einschränkungen beim Entwurf sowie die Schwierigkeiten beim Betrieb solcher Motoren und vergleicht sie zum Schluß mit Repulsionsmotoren sowie mit Synchron- und Asynchronmotoren. Dieser Vortrag hat gewissermaßen den Startschuß zu einer Reihe von neuen Versuchen ausgelöst.

Behn-Eschenburg[6]) entwickelte aus einem Gleichstrom-Reihenschlußmotor mit geblättertem Ständer einen „regulierbaren Wechselstrommotor", an dessen Verwendung für Bahnen bereits gedacht wird.

Gleichzeitig hatten Eickemeyer und Steinmetz[7]) (im Jahre 1890) klar erkannt, daß ein Motor, wenn er für Bahnbetrieb geeignet sein sollte, unbedingt die Eigenschaften des Gleichstrom-Reihenschlußmotors aufweisen müßte.

Stanley und Kelly[8]) versuchen den schlechten Leistungsfaktor ihres Motors durch Kondensatoren zu verbessern, die in Reihe zur Erregerwicklung geschaltet werden. Besondere Schwierigkeiten machte bei diesen Versuchen vor allem der Bau geeigneter Kondensatoren.

Trotz der zahlreichen Versuche wollte es zunächst noch nicht glücken, einen dem Gleichstrommotor gleichwertigen Wechselstrommotor zu schaffen. Daran war wohl in erster Linie die Tatsache schuld, daß die damaligen Netzfrequenzen 42, 50 und bis zu 133 Hz betrugen. Weiterhin begann erst ganz allmählich die Kohlebürste die Kupferbürste zu verdrängen. Zwar hatte die Thomson-Houston-Gesellschaft bei Bahnen schon seit 1889 Kohlebürsten verwendet[9]), die nach einiger Zeit die Kupferbürsten schon an Lebensdauer übertrafen, aber Kohlebürsten, die wirklich den hohen Anforderungen des Wechselstrommotors voll gewachsen waren, gab es noch

[1]) Werner Siemens, ETZ 1 (1880) S. 47.
[2]) ETZ 7 (1886) S. 133.
[3]) Frölich, Die dynamoelektrische Maschine, S. 132. Julius Springer, Berlin 1886.
[4]) Silvey (Ohio), Bericht: ETZ 10 (1889) S. 115.
[5]) du Bois-Reymond, ETZ 10 (1889) S. 1.
[6]) Behn-Eschenburg, ETZ 14 (1893) S. 300.
[7]) ETZ 25 (1904) S. 266.
[8]) ETZ 13 (1892) S. 181.
[9]) ETZ 10 (1889) S. 231.

nicht. Immerhin wurden einige Motoren gebaut. So berichtet Rothert im Jahre 1895[10]): „Die Verwendung von Gleichstrommotoren für Wechselstrom ist sehr gering, dieselben brauchen große Dimensionen, weisen eine Phasenverschiebung auf und das Funken ist nicht zu vermeiden."

Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts war die Elektrizität bereits so weit in das Bahngebiet vorgedrungen — es sei an die Drehstromversuchsbahnen von Siemens & Halske erinnert —, daß man die Vollbahnelektrisierung in Erwägung ziehen konnte. Der geeignete Zeitpunkt für den Wechselstrombahnmotor war gekommen: Erstens: als Abschluß einer günstigen technischen Entwicklung des Motors konnte man auf Erfüllung der wirtschaftlichen Interessen hoffen. Zweitens: es wurde erkannt[11]), daß von den neueren Systemen elektrischer Bahnen das Wechselstromsystem große Vorzüge habe. „Durchgreifend wird jedoch der Wechselstrom erst auftreten, wenn brauchbare Bahnmotoren für einphasigen Wechselstrom gebaut werden. Dreiphasen- und Zweiphasen-Wechselstromzuführungen können sich bei großen Bahnen nicht halten."

In klarer Erkenntnis der technischen Vorteile einer Einphasen-Wechselstrombahn setzte eine stürmische Entwicklung ein, alle Varianten der Wechselstrom-Kommutatormaschine wurden ins Leben gerufen[12]). Insbesondere setzte parallel zur Entwicklung des Einphasen-Reihenschlußmotors der Bau von Repulsionsmotoren und ihren Abarten ein (Thomson, Atkinson, Winter u.a.).

„Lamme gehört das Verdienst, das Einphasensystem zuerst in die breite Öffentlichkeit gebracht und somit die allgemeine Aufmerksamkeit auf die Möglichkeit eines rationellen Betriebes mit einphasigen Wechselstrom-Kommutatormotoren überhaupt gelenkt zu haben. Der Mut, der dazu gehört, mit einer längere Zeit in Verruf gewesenen und bereits allgemein aufgegebenen Maschine, wie es der Wechselstrom-Serienmotor war, Versuche in großem Maßstabe aufzunehmen, um sie dann in Ehre zu bringen, ist nicht zu unterschätzen. Ist doch auch in der Technik, wie überall, gegen eingebürgerte Vorurteile im allgemeinen nicht leicht anzukämpfen, abgesehen davon, daß man auch selbst solche Vorurteile nur schwer los wird[12])."

Mit diesen Worten wird schon 1904 die Leistung Lammes voll gewürdigt. Sein Motor[13]) hatte folgende Daten: 76 kW, 225 V, 470 A, 25 Hz, 8 Pole. Der Motor zeigt bereits weitgehend die noch heute üblichen Merkmale: Schleifenwicklung, Ausgleichverbinder, einseitig verlängerte Ankernabe zur Aufnahme des Kommutators, Ankerkernlüftung. Die Kompensation des Ankerquerfeldes erfolgte noch nicht durch die später stets angewandte, spiegelbildlich zur Ankerwicklung liegende Kompensationswicklung, sondern durch eine in der Mittelachse des Erregerpoles liegende Kurzschlußwindung. Wendepole wurden ebenfalls noch nicht verwendet. Lamme beherrscht die transformatorische EMK durch die Verwendung von Widerstandsverbindern zwischen Ankerwicklung und Kommutator. Später erkannte man, daß Widerstandsverbinder die Gleichstromkommutierung verschlechtern. Aber schon ehe man diese Erkenntnisse hatte, wurden Einphasen-Reihenschlußmotoren bereits ohne Widerstandsverbinder gebaut, weil diese in der Unterhaltung große Schwierigkeiten machten.

Etwa gleichzeitig mit Lamme hatte sich Finzi[14]) an den Bau eines „einfachen Wechselstrom-Reihenschlußmotors für Bahnen" gemacht. Er stellte als Hauptforderung für den Motor die Bedingung der Regelbarkeit, Einfachheit der Bauart und der Handhabung, „und zwar in einem Maße, wie sie bei ortsfesten Anlagen nicht immer erforderlich ist". Der Motor Finzis war aus einem Gleichstrommotor für Kriegsschiffe entwickelt worden, der lamellierte Spaltpole im Ständer und Widerstandsverbinder im Läufer besaß. Noch heute sind Finzi-Motoren auf der Strecke Pallanza - Omegna am Lago Maggiore in Betrieb.

Um die gleiche Zeit hatte Behn-Eschenburg die ersten Wechselstrom-Reihenschlußmotoren ohne Widerstandsverbinder gebaut; erst einige Zeit später wurden Wendepole verwendet.

Nachdem Behn-Eschenburg den Parallelwiderstand zur Wendefeldwicklung erfunden hatte (DRP. 162 781 vom 4. 3. 1904) und etwa gleichzeitig Richter den Wendepol über einen Widerstand an eine Hilfsspannung legte, um die transformatorische EMK im Hauptbetriebsbereich zu kompensieren, war der Einphasen-Wechselstrom-Reihenschlußmotor ohne Zweifel dem Winter-Motor überlegen.

Als dann 1908 in der „Denkschrift über die Einführung des elektrischen Betriebes auf den Bayerischen Staatsbahnen" das Einphasensystem als günstigstes System und als beste Frequenzen 10 bis 16, äußerstenfalls 25 Hz angesehen wurden, bedeutete die niedrige Frequenz ein weiteres Plus für die Fortentwicklung des Reihenschlußmotors und ein Minus für den Repulsionsmotor und seine Abarten.

Im Jahre 1912 kamen die Preußisch-Hessischen, Bayerischen und Badischen Staatseisenbahnen überein, Einphasenwechselstrom von 15 000 V und $16\frac{2}{3} = {}^{50}/_{3}$ Hz für die Bahnelektrisierung zu verwenden. Von nun an hatte der Reihenschlußmotor das Feld für sich allein.

Die Leistungen je Motor nahmen bedeutend zu. P. Müller hatte bereits 1914 den größten Bahnmotor der Welt entworfen, der später in größerer Zahl gebaut wurde[15]). Dieser Motor, der nach den damaligen Erwärmungsvorschriften bei 63% der Höchstgeschwindigkeit 3000 PS leistete, könnte nach den heutigen Erkenntnissen beim Neuentwurf 3000 kW bei 70 % V_{max} abgeben. Die höchste Grenze für die Leistung ist damit noch nicht erreicht. Aber andere Gründe zwangen dazu, Lokomotiven mit nur einem einzigen großen Motor nicht mehr zu bauen: Die große Leistung mußte mit Hilfe von Kuppelstangen auf mehrere Treibachsen verteilt werden. Dieser von den Dampflokomotiven her bekannte Weg führte im Betrieb zu hohen Kosten für die Erhaltung des Antriebes. So entschloß sich die Deutsche Reichsbahn nach eingehenden Vorversuchen zum Einzelachsantrieb, weil dessen Erhaltungskosten wesentlich billiger sind. Der große Einzelmotor wurde also beim Neubau von Lokomotiven wieder verlassen.

Man hat aber den großen Motoren von P. Müller eine Reihe von Erkenntnissen zu verdanken, als deren wichtigste man heute ansehen kann, daß sich die zweifache Schleifenwicklung im Anker bewährt hat. Diese Wicklung gestattet bei gleichbleibender transformatorischer EMK einen doppelt so hohen Fluß je Pol als bei einfacher Schleifenwicklung. Infolgedessen wird die Leistung je Pol doppelt so hoch und die Polteilung und Zahl der Bürstenbolzen halbiert sich, sofern ausreichender Raum für die Konstruktion zur Verfügung steht. Dieser Gewinn wird besonders wertvoll, wenn es sich um Motoren von Industriefrequenz handelt, die mit einer sehr großen Zahl von Polen gebaut werden müssen.

Die Entwicklung des Einphasen-Wechselstrommotors wurde von der Deutschen Reichsbahn und der deutschen Industrie nicht nur auf dem Gebiet der üblichen Bahnfrequenz von 16⅔ Hz vorwärtsgetrieben, sondern es wurden im Rahmen eines Großversuches auch Fahrmotoren für 50 Hz gebaut[16]), [17]), [18]). Dieser erste, im planmäßigen

---

[10]) ETZ 16 (1895) S. 261.
[11]) E. C. Zehme, ETZ 18 (1897) S. 172.
[12]) Osnos, ETZ 25 (1904) S. 1 ff.
[13]) ETZ 25 (1904) S. 236.
[14]) Finzi, Elektr. Bahnen 1 (1903) S. 169.
[15]) P. Müller, Elektr. Kraftbetriebe u. Bahnen 16 (1918) S. 133.
[16]) Wechmann, Elektr. Bahnen 12 (1936) Erg. Heft, S. 10.
[17]) Michel, Elektr. Bahnen 13 (1937) S. 53; ETZ 58 (1937) S. 1113.
[18]) Herrmann, Elektr. Bahnen 13 (1937) S. 77.

Betrieb verwendete 50 Hz-Motor wurde von Kann entworfen und hat sich im Betrieb gut bewährt.

Zusammenfassend muß man feststellen, daß im Laufe der 50jährigen Entwicklung — nach manchen anfänglichen Rückschlägen im vorigen Jahrhundert — der Einphasen-Wechselstrom-Reihenschlußmotor zu einem in jeder Weise und für alle heute in Frage kommenden Frequenzen ($16\frac{2}{3}$, 25 und 50 Hz) brauchbaren Motor geworden ist. Die künftige Entwicklung wird dahin gehen, die vorhandenen und die neu zu gewinnenden Erkenntnisse derart anzuwenden, daß die Anschaffungs- und Erhaltungskosten des Einphasen-Wechselstrom-Reihenschlußmotors weiterhin gesenkt werden und hierdurch die Ausbreitung des Einphasensystems gefördert wird.

Überleitung zum Selbstanschlußdienst im Vorortsgebiet von Paris.

DK 621.395.34

Die französische Post- und Telegraphenverwaltung hat sich 1935 entschlossen, im Pariser Vorortsgebiet den vollselbsttätigen Fernsprechdienst auf Grund ihrer guten Erfahrungen mit dem Rotarysystem in Paris einzurichten[1]). Als erste selbsttätige Fernsprechvermittlungsstelle im Vorortsbereich von Paris ist im Januar 1938 Versailles mit rd. 3500 Anschlüssen in den Dienst gestellt worden.

Das Vorortsgebiet von Paris umfaßt die Vororte, die in einem Umkreis von 25 km um den Mittelpunkt von Paris, Notre-Dame, liegen. Zur Zeit sind in diesem Gebiet 35 000 Fernsprechanschlüsse vorhanden, die wie die Anschlüsse in Paris selbst siebenstellige Rufnummern erhalten. Die Rufnummern bestehen aus einer Zusammenstellung von drei Buchstaben — diese Zusammenstellung soll sich aussprechen lassen — und aus einer vierziffrigen Zahl.

Das gesamte Vorortsgebiet ist für den Wähldienst in 18 Bezirke eingeteilt worden. Für jeden Bezirk ist ein Knotenamt vorgesehen, das den Zugang zu den Ortsnetzen des Bezirks, die zusammen bis zu 10 000 Anschlüsse enthalten dürfen, vermittelt. Die Anschlüsse im Bezirk werden im allgemeinen an Unterämter — bis höchstens drei Unterämter — und unter Umständen an Hilfsämter, die ihrerseits an die Knotenämter oder an die Unterämter angeschlossen sein können, herangeführt.

Als Wählkennzeichen für die Bezirksknotenämter dient die dreistellige Buchstabengruppe, als Kennzahl für das Unteramt die erste, als Kennzahl des unter Umständen vorhandenen Hilfsamts die zweite Ziffer der Zahlengruppe.

Die Vorortämter sind mit dem Ortsnetz Paris durch bespulte Kabel verbunden, die zu vier Hauptübergangspunkten, den Vermittlungsstellen Carnot, Combat, Diderot und Vaugirard führen. Das im Vorortsgebiet vorhandene Kabelnetz konnte ohne Änderungen weiter benutzt werden.

Der Zugang zu den Unterämtern wird auf dem Knotenamt des jeweiligen Bezirks durch Wähler für fünf Richtungen, der zu den Hundertgruppen der Unterämter oder Hilfsämter durch Wähler für zehn Richtungen vermittelt. Als Leitungswähler werden Wähler für 200 Leitungen benutzt. Da die Wähler des Rotarysystems Drehwähler mit Maschinenantrieb sind, die nicht in der Zehnerteilung arbeiten, müssen Speicher und Umrechner für die Übertragung der mit der Nummernscheibe erzeugten Stromstöße auf die Wähler vorgesehen werden. Die Speicher und Umrechner werden im Vorortsgebiet zusammen mit den ihnen zugeordneten I. und II. Wählern und Verbindungssätzen bei den Bezirksknotenämtern aufgestellt.

Durch umfangreiche Verwendung von Mitlaufwerken wird verhindert, daß Verbindungen innerhalb des Bezirks oder zu unmittelbar benachbarten Bezirken unnötig die Verbindungsleitungen zu Unterämtern, Knotenämtern oder Hauptübergangspunkten belegen.

Im Vorortsgebiet gilt ein Ferngesprächstarif, der nach Zeit und Entfernungen gestaffelt ist. Die Zeit wird in Dreiminuteneinheiten berechnet. Je nach der Entfernung des verlangten Ortsnetzes wird die ein-, zwei-, drei-, vier- oder sechsfache Gebühr eines Ortsgesprächs erhoben. Die Gebühren werden durch Zeitzonenzähler in Form von Mitlaufwerken festgestellt und in Form einer entsprechenden Reihe von Stromstößen auf den Gesprächszähler des anrufenden Teilnehmers übertragen.

Mit Rücksicht auf die durch die selbsttätige Gesprächszählung gestellten technischen Aufgaben wird in den Vororten eine Abart des in Paris selbst verwendeten Rotarysystems 7 A verwendet, das den besonderen Anforderungen im Vorortverkehr angepaßt worden ist.

Der Verfasser beschreibt im Aufsatz die Abweichungen vom Rotarysystem 7 A, dessen Kenntnis er voraussetzt, und behandelt dabei besonders eingehend die Einrichtungen, die zur Übertragung der Stromstöße auf die Wähler und zur Übermittlung der Zählstromstöße zum Gesprächszähler des anrufenden Teilnehmers dienen. Er stellt dann den Verbindungsaufbau im Orts-, Vororts- und Fernverkehr von und zu den Vorortsämtern dar und erörtert im Anschluß daran den Verkehr zu den besonderen Dienststellen.

Solche besonderen Dienststellen sind im Pariser Vorortsnetz vorgesehen für

1. Auskünfte und Beschwerden,
2. Bescheide über gekündigte und übertragene Anschlüsse sowie über Abwesenheit des angerufenen Teilnehmers,
3. Aufnahme von Telegrammen,
4. Anrufe zur Polizei und zur Feuerwehr,
5. die elektrische Untersuchung der Anschlußleitungen vom Prüfplatz der Bezirksknotenämter.

Die Bescheidstellen sind für mehrere Bezirke zentralisiert. Anschlüsse, die auf die Bescheidstelle geschaltet werden sollen, werden bei ihrer Vermittlungsstelle mit einem zusätzlichen Relaissatz verbunden, der beim Vorliegen eines Anrufs für den Anschluß einen Anrufsucher bei der Vermittlungsstelle, an die der Anschluß herangeführt ist, anreizt und einstellt. Durch die Anrufsucher werden die Anrufe auf wenige Verbindungsleitungen zu der Vermittlungsstelle, bei der sich die Bescheidstelle befindet, zusammengedrängt. Wenn ein abwesender Teilnehmer nach Hause kommt, kann er von seinem Anschluß, obwohl dieser auf die Bescheidstelle geschaltet ist, die Bescheidstelle durch Wählen erreichen und dann seinen Anschluß durch die Beamtin von fern freimachen lassen.

Für die Telegrammaufnahme ist ein Kontaktkranz der I. Gruppenwähler vorgesehen, dessen erste Drehschritte mit Verbindungsleitungen zur Telegrammaufnahme beim Bezirksknotenamt, dessen letzte Drehschritte jedoch mit Verbindungsleitungen zur Telegrammaufnahme beim Fernamt beschaltet sind. Tagsüber werden die Leitungen zur Telegrammaufnahme des Fernamts, nachts dagegen die Leitungen zur Telegrammaufnahme des Bezirksknotenamts gesperrt, so daß die Anrufe am Tage bei der Telegrammaufnahme des Bezirksknotenamts, nachts bei der Telegrammaufnahme des Fernamts ankommen.

Die elektrische Untersuchung der Anschlußleitungen findet vom Prüfplatz des Bezirksknotenamts statt. Die Prüfschränke besitzen Klinkenfelder, deren Klinken mit den Prüfwählern der einzelnen Leitungswähler-(LW-) Gruppen — in jeder LW-Gruppe ist ein Prüfwähler vorhanden — oder mit Eingangsgruppenwählern bei Unter- oder Hilfsämtern, über die die Prüfleitungswähler erreicht werden, verbunden sind. Der Prüfbeamte kann durch

[1]) A. Duprez, Ann. Post. Télégr. Téléph. 27 (1938) S. 465; 40 S., 17 Abb.

Wählen der letzten beiden Ziffern der Anschlußnummer des Teilnehmers, denen bei Anschluß an Unter- und Hilfsämter noch die jeweils notwendige Kennziffer vorangestellt werden muß, jede Anschlußleitung erreichen und sie dann vom Prüfschrank aus elektrisch untersuchen.

Im Schlußabschnitt behandelt der Verfasser die Zusammenfassung der technischen Einrichtungen im Pariser Vorortsbezirk zu Aufbaueinheiten. Hilfsämter, an die im Endausbau höchstens 100 Anschlußleitungen herangeführt werden, erhalten Wandgestelle, alle anderen Vermittlungsstellen freitragende Gestelle. Hilfsämter mit einem Endausbau bis zu 100 Anschlußorganen werden auf je 50 Anschlußorgane mit je 7 Verbindungswegen ausgestattet. Alle anderen Vermittlungsstellen werden nach Bedarf ausgerüstet. Die Vielzahl der am Verbindungsaufbau mitwirkenden Wähler und Hilfseinrichtungen wie Speicher, Umrechner, Verbindungssätze, Prüfsätze, Sondereinrichtungen usw. hat eine Vielzahl von ganz verschieden ausgestatteten Rahmenarten notwendig gemacht, damit man sich den beim Erstausbau und den Erweiterungen der Vermittlungsstellen auftretenden Betriebsnotwendigkeiten anpassen kann. *Smm.*

Verminderung des Nachtfehlers in Funkpeileinrichtungen für Flughäfen.

DK 621.396.663

Die bisher üblichen Funkpeilgeräte zur See- und Luftnavigation benutzen im allgemeinen eine Rahmenantenne[1]. Ihre Anwendbarkeit wird durch den sog. „Dämmerungs- und Nachteffekt" stark eingeschränkt. Er entsteht durch das gleichzeitige Eintreffen von Boden- und Raumwelle am Empfangsort, wobei die Raumwelle von der Bodenwelle sich in folgendem unterscheidet: 1. Die Wellenfront ist nicht mehr senkrecht (Einfallswinkel etwa zwischen 10 und 70°); 2. in der Ebene der Wellenfront ist eine waagerechte Komponente des elektrischen Feldes vorhanden.

$$\mathfrak{E} = K \cos\sigma + k \sin\gamma \sin\sigma = 0$$

$$\operatorname{tg}\sigma = \frac{-K}{k \sin\gamma} \quad \text{für} \quad \frac{K}{k} = 2 \text{ und } \gamma = 30°$$

$$\sigma = -76° \qquad \text{Fehler} \quad 90 - \sigma = 14°$$

Abb. 1. Darstellung des Nachtfehlers in einer Rahmenantenne.

Abb. 1 veranschaulicht dies; hierbei ist Phasengleichheit beider Wellen angenommen. In der Praxis ist dies jedoch im allgemeinen nicht der Fall, so daß das Minimum noch verwischt wird. Wie die Beziehung aus Abb. 1 zeigt, ergibt sich der mögliche Wert des Nachtfehlers aus dem Verhältnis der Raum- zur Bodenwelle. Würde man also bei bodenseitiger Sendung „schwundmindernde" Antennen benutzen — was allerdings bei den in der Luftfahrt-Navigation benutzten Mittelwellen kaum möglich sein dürfte —, so ließen sich die bisherigen brauchbaren nachteffektfreien Peilreichweiten etwa verdoppeln. Eine weitere Fehlerquelle ist der sogenannte „Schleppantennenfehler", der infolge der Höhe des sendenden Flugzeugs mit praktisch horizontal liegender Antenne die Wellenfront am Bodenpeilgerät geneigt ankommen läßt. Bemerkenswert ist, daß diese Art Fehler beim Empfang der direkten Welle aus dem Flugzeug auftritt und daher auch bei Tage vorkommt.

$\cos\sigma$ horizontale Richtung

$\cos\gamma$ vertikale Richtung

$\cos\Phi$ Winkel zwischen elektrischem Vektor und der Vertikalen

maximale Phasenverschiebung $\frac{2\pi d}{\lambda}$

Feld $\mathfrak{E} \sin\omega t$ $\quad h$ Antennenwirkhöhe

induzierte EMK $h\,\mathfrak{E} \sin\left(\omega t - \frac{\pi d}{\lambda}\right) - h\,\mathfrak{E} \sin\left(\omega t + \frac{\pi d}{\lambda}\right)$

Richtungs-EMK $2\,h\,\mathfrak{E} \cos\omega t \sin\frac{\pi d \cos\sigma}{\lambda}$

Abb. 2. Peilsystem nach Adcock.

[1] H. Busignies, Elektr. Nachr.-Wes. 16 (1938) S. 218; 20 S, 20 Abb.

Beide obengenannten Fehler vermeidet das Peilsystem nach Adcock, das durch seine senkrechten (4) Luftleiter und die Art der Empfängerspeisung auf die horizontalen Komponenten der Raumwelle überhaupt nicht anspricht. Den Grundgedanken des Adcockpeilers (dargestellt an 2 Luftleitern) zeigt Abb. 2.

Wesentlich für das einwandfreie Arbeiten des Peilsystems nach Adcock ist folgendes: a) Genauer mechanisch-elektrischer Abgleich der Luftleiter (Amplitudenungleichheit $< 1/100$), b) die Übertragung der EMK zum Goniometer darf mit einer Phasenverschiebung von nur wenigen Zehntelgraden erfolgen (bei $\lambda = 900$ m, $d = 80$ m z. B. $\varphi \leqq 0{,}5°$).

Die Ausführungsform zu Punkt b) erfolgt bei der beschriebenen U-Adcock-Anlage über Hochfrequenzkabel, die über statisch abgeschirmte Hochfrequenztransformatoren angekoppelt werden. Die Grundschaltung gibt Abb. 3 wieder.

Abb. 3. Vereinfachtes Schaltbild des Adcock-Peilers.

Wellenbereich der Anlage 545 bis 150 kHz (550 bis 2000 m). Die Kabel sind besondere papierisolierte Zweileiterkabel; Angaben über die Kabel bzw. das Goniometer werden nicht gemacht. Dagegen werden die Ankopplungstransformatoren kurz beschrieben. Es folgen alsdann die Beschreibung der Enttrübungs- und Seitenbestimmungsschaltung, der Stromversorgung sowie eine Betrachtung über das Empfängerrauschen. (Benutzter Empfänger RC 6.) Als Luftleiter werden abgespannte Teleskopmaste bis zu 16 m Höhe verwendet.

Anlagen der beschriebenen Art sind in Norköpping in Schweden und Belgrad-Zemum in Betrieb. Folgende Leistungen werden angegeben: Bei Gelände mittlerer hügeliger Beschaffenheit Nachtfehler $\pm 2°$ bis zu 200 km Entfernung; für größere Entfernungen von 400 bis 600 km $\pm$ 2 bis 4° und Schwankungen des Enttrübungsbedarfs ($\lambda = 900$ m). [Letztere stellen ein wesentliches Kriterium für die Güte einer Adcockpeilanlage dar; sie werden jedoch nicht kritisch gewürdigt, so daß angenommen werden kann, daß bei den beschriebenen U-Adcockanlagen eine eindeutige Trennung der Fehler in „Ausbreitungsfehler" und „Systemfehler" nicht völlig möglich ist. Anm. d. Ber.] Im Anhang wird eine motorisierte Adcockpeilanlage, die im Dienste der französischen Luftwaffe erfolgreich eingesetzt worden sein soll, kurz beschrieben. *Zm.*

RUNDSCHAU.

DK 621.311.004.14

Untersuchungen über Erhöhung der Zuverlässigkeit einer Stromversorgungsanlage. [Nach H. P. Seelye, Electr. J. 35 (1938) S. 242; 2½ S., 1 Abb.]

H. P. Seelye, untersucht die Frage, in welchem Umfange Ausgaben für eine Steigerung der Zuverlässigkeit und Güte der Stromversorgung gerechtfertigt sind. Insbesondere ist zwischen dem Wunsch der Verbraucher nach sicherer Strombelieferung und der Forderung nach möglichst niedrigen Stromkosten abzuwägen. Eine Stromversorgung mit schlechter Spannungshaltung, vielen Spannungsabsenkungen, zahlreichen und langen Stromunterbrechungen verärgert den Stromverbraucher und hält ihn davon ab, den Strombezug zu erhöhen. Der Verbraucher wird zur Erzielung einer besseren Stromversorgung geneigt sein, eine in tragbaren Grenzen liegende Erhöhung des Strompreises in Kauf zu nehmen. Die erhöhte Sicherheit der Stromlieferung wird Anreiz zur Erhöhung des Strombezuges sein. Ist hingegen der Verbraucher mit der Sicherheit und Güte der Strombelieferung zufrieden, so würde eine weitere Vervollkommnung der Stromversorgung etwa zur Behebung aller Mängel in der Spannungshaltung oder zur Vermeidung aller auch gelegentlich auftretenden Fehler weder dem Stromverbraucher noch dem Stromlieferer einen im Verhältnis zu den Kosten stehenden Nutzen bringen.

Abb. 1. Graphische Darstellung der Stromunterbrechung nach Art, Zahl und Dauer.

Verbesserungen der Sicherheit und Güte der Stromversorgung führen allgemein zur Erhöhung des Stromverbrauches und besseren Ausnutzung der Anlagen des Stromlieferers und schaffen damit die Grundlage für die Ermäßigung der Strompreise. Aufgabe des Stromlieferers ist es, die Ausgaben für die weitere Vervollkommnung der Stromversorgung mit den Einnahmen aus den niedrigeren Strompreisen bei erhöhtem Stromabsatz in Einklang zu bringen. Da es unmöglich ist, für die Höhe der tragbaren Investierungen zur Verbesserung der Stromversorgung genaue Richtlinien aufzustellen, beschränkt sich der Verfasser auf Hinweise allgemeiner Art, wobei er für einzelne Abnehmergruppen die Auswirkungen von Mängeln in der Stromversorgung untersucht.

Die Forderung nach einer guten Spannungshaltung wird bei Lichtstromverbrauchern immer stärker. Die Ausklärungsaktion „Better light — better sight" hat neben der Erhöhung des Lichtstromverbrauches eine kritische Einstellung des Verbrauchers zur Güte der Spannungshaltung für die Beleuchtung nach sich gezogen. Schwankungen und Flackererscheinungen des Lichtes, hervorgerufen durch den Anlaufstrom kleiner Haushaltungsmotore oder durch Schweißgeräte benachbarter gewerblicher Betriebe, werden sehr unangenehm verzeichnet. Um Beschwerden abzuwehren, ist es notwendig, Maßnahmen zur Vermeidung dieser Unzuträglichkeiten zu treffen.

Der Schaden, den eine Stromunterbrechung verursacht, ist bei den verschiedenen Arten der Stromabnehmer völlig verschieden. Während eine Unterbrechung in der Lichtstromversorgung von Wohnungen im allgemeinen lediglich Verärgerung hervorruft, können Stromunterbrechungen in Gewerbebetrieben, besonders wenn sie von längerer Dauer sind, erheblichen Schaden durch Produktionsausfall hervorrufen.

Zur Feststellung, an welchen Stellen des Stromversorgungssystems die Durchführung von Verbesserungen erforderlich und gerechtfertigt ist, ist eine Übersicht über die Störanfälligkeit über die einzelnen Abschnitte einer Anlage von großem Nutzen. Wird, wie Abb. 1 zeigt, als Ordinate für jeden Anlageabschnitt die Zahl der jährlichen Stromunterbrechungen bezogen auf einen Abnehmer und als Abszisse die mittlere Dauer der Unterbrechung aufgetragen, so erhält man eine graphische Darstellung der Störanfälligkeit nach Ort, Zahl und Dauer der Störungen. Eine solche Darstellung gibt Hinweise dafür, wo der Schwerpunkt für die Durchführung von Verbesserungen liegt. Aus ihr ist zu entnehmen, welche Verbesserungen im besonderen Maße gerechtfertigt sind und welche Bedeutung der Verminderung der Zahl und Dauer der Störungen beizumessen ist. An Hand der Störungsunterlagen, der Forderungen der einzelnen Abnehmergruppen und der finanziellen Verhältnisse kann die Entscheidung über die Durchführung von Verbesserungen im allgemeinen leicht getroffen werden. *chl.*

DK 621.313.332.018.6

Stabilitätsverhältnisse beim Arbeiten von Asynchronmaschinen über lange Leitungen. [Nach A. Leonhard, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 405; 4½ S., 7 Abb.]

Die Frage wird untersucht, ob der Asynchrongenerator gegenüber dem Synchrongenerator bei großen Übertragungsentfernungen bezüglich der Stabilität im Vorteil ist. Zunächst wird die unkompensierte Asynchronmaschine betrachtet, die über eine lange Leitung auf ein starres Netz arbeitet. Ausgehend von dem Kreisdiagramm der Maschine (Wirkstrom über Blindstrom) allein wird das für Maschine mit Leitung abgeleitet. Mit zunehmender Leitungslänge rücken die Kreise der Strom- bzw. Leitwertdiagramme immer weiter nach dem Koordinatenanfang und darüber hinaus in das Gebiet negativer Blindströme, wobei ihre Mittelpunkte auf der Blindstromachse (Abszisse) bleiben. Der Durchmesser wird dabei zunächst kleiner, nach Überschreiten der Entfernung, die dem Kreis mit dem Mittelpunkt im Nullpunkt entspricht, jedoch wieder größer. Es zeigt sich, daß die übertragbare Leistung dort, wo $\cos\varphi = 1$ erreicht wird, wesentlich kleiner ist als die natürliche Leistung der Leitung $= U_1^2/z$ (U_1 Spannung des Netzes; z Wellenwiderstand der Leitung). Die unkompensierte Asynchronmaschine kommt daher bei der Übertragung auf große Entfernungen nicht in Frage.

Werden parallel zur Asynchronmaschine so viel Kondensatoren geschaltet, daß bei der Wirklast der Maschine, die der natürlichen Leistung der Leitung entspricht, gerade $\cos\varphi = 1$ erreicht wird, so gehen die Kreisdiagramme für die verschiedenen Leitungslängen alle durch den Punkt $\pm U_1/z$ auf der Wirkstromachse (Ordinate). Unter den eben genannten Voraussetzungen sind dann die Stabilitätsverhältnisse etwa die gleichen wie bei normalen Synchronmaschinen. Es wird abgeleitet, daß die Grenzentfernung ξ_g bei Übertragung mit natürlicher Leistung abhängig ist von dem Winkel α zwischen der Waagerechten und der Tangente an das Leitwertdiagramm der Asynchronmaschine in dem der natürlichen Leistung der Leitung entsprechenden Punkte und die einfache Beziehung gefunden: $\omega\sqrt{LC}\,\xi_g = \alpha/2$ (L, C Induktivität bzw. Kapazität je km Leitungslänge; ω Kreisfrequenz). An dem Diagramm der Asynchronmaschine mit eigenerregter Drehstromerregermaschine wird gezeigt, daß durch Hinzufügen von Hilfsmaschinen in den Läuferkreis der Winkel α und damit auch die Grenzentfernung wesentlich vergrößert werden können. Eine solche Asynchronmaschine übertrifft dann hinsichtlich der Stabilitätsverhältnisse die normale Synchronmaschine, mit der etwa nur die gleiche Grenzentfernung erreicht wird wie mit der kondensatorkompensierten Asynchronmaschine. Gleichzeitig läßt sich durch geeignete Wahl der Magnetisierungsverhältnisse bzw. der Sekundärerregung eine einfache, natürliche Spannungsregelung erzielen. *M. Gb.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 620.172.214 + 621.317.2.027.3

Eine Zerreißmaschine für gleichzeitige elektrisch-mechanische Prüfungen. [Nach P. de la Gorce, Rev. gén. Électr. 44 (1938) S. 168; $3^1/_2$ S., 5 Abb.]

In einem Aufsatz über die Einrichtungen eines Abnahmeprüffeldes beschreibt der Verfasser u. a. auch eine bemerkenswerte Zerreißmaschine. Bei ihr ist das Querhaupt von den Tragsäulen durch Druckstücke isoliert, wie man sie für die Isolierung von Antennentürmen verwendet (Abb. 2). Ohne

Abb. 2. Zerreißmaschine mit isoliertem Querhaupt.

Zweifel hat eine solche Maschine nicht nur den Vorteil, daß man mit verhältnismäßig hohen Spannungen prüfen kann, sondern bietet noch die weitere Annehmlichkeit, daß die sonst oft notwendige, zugbeanspruchte Zwischenisolation zwischen Querhaupt und Prüfling wegfällt, die durch die Stoßbeanspruchung beim Bruch des Prüflings sehr oft ebenfalls zerstört wird. *HM.*

DK 621.317.39 : 620.175

Elektrische Verdrehungsmesser. [Nach L. Merz und H. Scharwächter, Arch. techn. Messen 1938, Lfg. 86, T 99; 4 S., 14 Abb.]

Im Anschluß an eine frühere Arbeit[1]), in der die rechnerischen Grundlagen für die Verdrehungsmessung an umlaufenden Wellen gegeben wurden, berichten L. Merz und H. Scharwächter über die gebräuchlichen elektrischen Verfahren zur Messung des Verdrehungswinkels. Aus dem Verdrehungswinkel läßt sich das von der Welle übertragene Drehmoment leicht errechnen, wenn der Gleitmodul der Welle bekannt ist. Bedeuten d den Wellendurchmesser (cm), G den Gleitmodul für Schubverformung (kg/cm^2), L die Meßlänge (cm) und φ den Verdrehungswinkel in Winkelgrad, so ergibt sich das Verformungsmoment M_D bei Drehung in kgcm aus der Beziehung:

$$M_D = \frac{\pi^2 d^4 G \varphi}{32 \cdot 180 L} .$$

Diese Beziehung eignet sich in den meisten Fällen nur zur überschlägigen Berechnung, da der Gleitmodul G oft nicht genügend genau bekannt ist. Außerdem müssen die Abmessungen der Welle (Meßlänge und Meßquerschnitt) sehr genau ermittelt werden, da kleine Abweichungen besonders im Durchmesser sehr stark in Erscheinung treten. Man zieht es deshalb meist in der Praxis vor, die Welle samt Verdrehungsmesser durch Belastung zu eichen. Als elektrische Verfahren zur Messung des Verdrehungswinkels eignen sich besonders 1. das kapazitive Verfahren (Änderung des Plattenabstandes eines Plattenkondensators durch die Verdrehung der Welle), 2. das induktive Verfahren (Änderung der Luftspalte einer Doppeldrossel oder eines Doppeltransformators durch die Verdrehung der Welle) und 3. das akustische Verfahren nach O. Schäfer, bei dem die Eigenschwingung einer zwischen zwei Flanschen ausgespannten und durch einen Elektromagneten angezupften Meßsaite mit der einer zweiten Meßsaite verglichen wird[1]). Verschiedenartige Ausführungen solcher Verdrehungsmesser werden beschrieben, ein ausführliches Schrifttumverzeichnis ist beigefügt. *Ggr.*

[1]) P. Nettmann, Arch. techn. Messen, Februar 1933, Lfg. 20, Blatt V 136—1.

DK 621.317.755 : 621.317.32.029.6

Die Kathodenstrahlröhre als ultrakurzwelliges Spannungsmeßgerät. [Nach H. E. Hollmann, Elektr. Nachr.-Techn. 15 (1938) S. 241; 6 S., 3 Abb.]

Eine früher angegebene Theorie[2]) über die Ablenkung eines Kathodenstrahles in schnell veränderlichen Wechselfeldern unter Berücksichtigung der über die Plattenränder hinausgreifenden Streufelder wird weiterentwickelt und versuchsmäßig nachgeprüft.

Für die Untersuchungen wurden zwei besondere Braunsche Röhren mit solchen Abmessungen gebaut, daß ein großes Inversionsgebiet überstrichen werden konnte. Die erste Röhre hat verhältnismäßig lange Platten, während die zweite Röhre kurze Platten bei fast gleichem Plattenabstand und damit stark hervortretende Streufelder besitzt. Die in die Errechnung der Strahlausschläge eingehende Länge des freien Strahlhebels von den Platten bis zum Schirm beträgt bei der ersten Röhre noch nicht das Doppelte der Plattenlänge, während sie bei der zweiten Röhre sehr viel größer ist. Jeder Ablenkplatte ist eine kleine Glühkathode gegenübergestellt, welche zusammen mit der zugehörigen Platte eine Meßdiode bildet und die zwischen den Platten herrschenden Hochfrequenzspannungen einwandfrei zu messen ermöglicht.

Die erste Röhre reicht bei einer Meßwellenlänge von 1,26 m bis zu Laufzeitwinkeln von 5π. Wegen des verhältnismäßig kurzen freien Strahlhebels wird die Empfindlichkeit der ersten Röhre zwischen den Inversionsmaxima nicht Null, sondern durchläuft lediglich Minima. Um diesen Umstand theoretisch zu erfassen, muß die durch die Winkelablenkung des Strahls bedingte Ablenkungskomponente und die Strahlverschiebung beim Austritt aus den Platten vektoriell zusammengesetzt werden, was für homogene Rechteckfelder und für Streufelder, die durch kubische Parabeln angenähert dargestellt werden, durchgeführt wird. Die Parameter der kubischen Ersatzparabeln werden auf Grund statischer Empfindlichkeitsmessungen ermittelt. Es wird nachgewiesen, daß die auf diese Weise errechnete Inversionskurve die Messungen mit hoher Genauigkeit widerspiegelt.

Auch die Empfindlichkeit der zweiten Röhre, bei welcher die durch die Strahlverschiebung bedingte Ablenkungskomponente wegen des verhältnismäßig langen Strahlhebels praktisch vernachlässigt werden kann, wird auf Grund verschiedener Streufeldnäherungen berechnet. Die Hintenbergersche Theorie[3]), welche auf dreieckigen Streufeldnäherungen fußt, ergibt gegenüber den Messungen erhebliche Abweichungen. Auch hier bringt die Einführung parabelförmiger Ersatzfelder eine gute Übereinstimmung zwischen Experiment und Theorie.

Die Untersuchungen zeigen, daß es grundsätzlich möglich ist, die ultradynamische Empfindlichkeit jeder beliebigen Oszillographenröhre aus ihren Abmessungen und Betriebsverhältnissen sowie unter Zugrundelegen des statisch ermittelten Effektivfeldes mit hoher Genauigkeit zu berechnen, so daß man auf die umständliche empirische Eichung bei der jeweiligen Meßfrequenz nicht mehr angewiesen ist. *Vb.*

DK 537.212—971.089.5 : 535.5

Anwendung horizontal polarisierter Wellen zur Eichung von Kurzwellen-Feldstärkemeßgeräten. [Nach J. S. McPetrie u. B. G. Pressey, J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938) S. 210; 6 S., 9 Abb.]

Es wird experimentell nachgewiesen, daß die aus der Theorie der Ausbreitung ebener Wellen abgeleitete Feldstärkeformel für vertikal polarisierte Wellen nicht mehr zutrifft, sobald die Abstände des Senders und Empfängers vom Erdboden klein zur benutzten Wellenlänge sind, daß jedoch für horizontal polarisierte Wellen die Feldstärkeformel auch dann noch gilt, wenn die Abstände der Meßgeräte vom Erdboden klein im Vergleich zur Wellenlänge sind. Ist der

[1]) Vgl. G. Keinath, Arch. techn. Messen, Januar 1935, Lfg. 43, Blatt V 132—9.
[2]) H. E. Hollmann und A. Thoma; Elektr. Nachr.-Techn. 15 (1938) S. 145.
[3]) H. Hintenberger, Z. techn. Phys. 18 (1937) S. 256.

horizontale Abstand D des Empfängers vom Sender groß gegenüber dem Produkt $h_1 \cdot h_2$, wobei h_1 und h_2 die Höhen des Senders bzw. Empfängers über dem Erdboden bedeuten, und setzt man den Reflexionskoeffizienten des Erdbodens gleich 1, dann vereinfacht sich die Feldstärkeformel für horizontal polarisierte Wellen zu:

$$\mathfrak{E} = \frac{480\,\pi^3\,A\,I\,h_1\,h_2}{\lambda^3\,D^2}$$

(A Fläche des Senderahmens, I Antennenstrom, λ Wellenlänge). Die Versuche wurden durchgeführt mit einem Gegentaktsender, der mit Zwergröhren und einer Drahtschleife von 0,96 m Umfang als Senderahmen ausgerüstet war, und mit einem Überlagerungsempfänger mit Empfangsrahmen bei der Wellenlänge $\lambda \approx 8$ m. Die für verschiedene Entfernungen D des Empfängers vom Sender (20 bis 200 m) gemessenen relativen Feldstärkewerte sind in Übereinstimmung mit der Theorie proportional $1/D^2$. Relative Feldstärkemessungen in Abhängigkeit von der Höhe h_1 des Senders über dem Erdboden (0,5 bis 3,0 m) bestätigen die Proportionalität der Empfangsfeldstärke mit der Höhe h_1. Sender mit horizontaler Rahmenantenne ermöglichen daher eine rasche und auf 10% genaue Eichung der Kurzwellen-Feldstärkemeßgeräte auch noch bei im Vergleich zur Wellenlänge kleinen Abständen der Meßgeräte vom Erdboden. *Mnl.*

DK 621.317.41

Permeabilitätsmessung an gleichstromvormagnetisierten Eisenproben. [Nach D. C. Gall, Engineering 144 (1938) S. 348; 1½ S., 8 Abb.]

D. C. Gall beschreibt verschiedenartige Meßanordnungen für Eisenuntersuchungen, bei denen ein ringförmiger Eisenkern aus dem zu prüfenden Werkstoff mit einer Primär- und Sekundärwicklung versehen ist, und bei der sowohl der in der Primärwicklung fließende Strom als auch die in der Sekundärwicklung induzierte Spannung bei verschiedenen Primärstromstärken gemessen wird. Der die Primärwicklung durchfließende Strom ist ein einer Batterie entnommener und an einem Drehspulgerät bzw. Gleichstromkompensationsgerät ablesbarer Gleichstrom, dem ein Wechselstrom überlagert wird. Zur Messung der Wechselstromkomponente des Primärstromes und der in der Sekundärwicklung induzierten Spannung können komplexe Wechselstromkompensatoren oder an diese Kompensatoren sich anlehnende Sonderschaltungen benutzt werden, wobei ein auf die Grundfrequenz abgestimmtes Vibrationsgalvanometer als Nullinstrument dient. Bei diesen Schaltungen wird die mit den beiden Wicklungen versehene Eisenprobe, die als mit Verlusten behaftete Gegeninduktivität wirkt, mit einer reinen (eisenfreien und stetig regelbaren) Gegeninduktivität verglichen, wobei die den Verlusten entsprechende Spannungskomponente durch den Spannungsabfall an einem Schleifdraht ausgeglichen wird. Derartige Messungen können aber auch ohne Wechselstromquelle mit einem ballistischen Galvanometer durchgeführt werden, das in Verbindung mit von Hand oder durch einen Motor betätigten Kontaktvorrichtungen arbeitet. *Ggr.*

DK 621.317.785

Prüfungen und Beglaubigungen.

Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende „Bekanntmachung Nr. 483[1]):

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, werden den Systemen [194] und [166] folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht:

I. Zusatz zu System [194], die Formen D17ABV1, ZD17ABV1, D17AmBV1, ZD17AmBV1, D17A50BV1 und ZD17A52BV1, Induktionszähler für Drehstrom ohne Nulleiter zur Messung des Blindverbrauches,

II. Zusatz zu System [166], die Formen D16ABV1, ZD16ABV1, D16AmBV1, ZD16AmBV1, D16A50BV1 und ZD16A52BV1, Induktionszähler für Drehstrom mit und ohne Nulleiter zur Messung des Blindverbrauches,

sämtlich hergestellt von den Siemens-Schuckertwerken, Aktiengesellschaft in Nürnberg.

Berlin-Charlottenburg, den 27. Juli 1938.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Stark."

[1]) Reichsministerialblatt 1938, S. 560.

Beschreibung[1])

Zu I. Die durch die Bekanntmachung Nr. 419[2]) vom 5. 8. 1936 zur Beglaubigung zugelassenen Drehstromzähler der Formen D17A, ZD17A, D17Am, ZD17Am, D17A50 und ZD17A52 zur Messung des Wirkverbrauches werden unter den Formbezeichnungen D17ABV1, ZD17ABV1, D17AmBV1, ZD17AmBV1, D17A50BV1 und ZD17A52BV1 in geänderter Ausführung als Blindverbrauchszähler hergestellt. Sie können in Drehstromanlagen ohne Nulleiter zur Messung des Blindverbrauches verwendet und für Nennstromstärken von 1 bis 10 A, für Nennspannungen bis 410 V und für Nennfrequenzen von 40 bis 60 Hz beglaubigt werden.

Die Zähler bringen je nach ihrem Verwendungszweck entweder den Blindverbrauch bei nacheilendem Strom oder den Blindverbrauch bei voreilendem Strom zur Anzeige. Sie sind in jedem Falle mit der in der Bekanntmachung Nr 460[3]) vom 2. 12. 1937 beschriebenen Rücklaufhemmung versehen und tragen je nach ihrem Verwendungszweck auf der Zählerkappe die Bezeichnung „Positiver Blindstrom" bzw. „Negativer Blindstrom".

Die untersuchten Zähler der Frequenz 50 Hz hatten bei Nennblindlast ein Drehmoment von etwa 15 bis 17 cmg. Sie liefen bei $\sin\varphi = 1$ mit etwa 0,4 % des Nennstromes an. Die Drehzahl der Zähler betrug bei Nennblindlast etwa 37 U/min. Das Ankergewicht wurde bei einem Zähler zu 79 g ermittelt. Der Eigenverbrauch in den Spannungskreisen betrug bei einem Zähler für 110 V Nennspannung etwa 2 × 2,9 W und bei einem Zähler für 410 V Nennspannung etwa 2 × 3,2 W. Der Eigenverbrauch in den Hauptstromkreisen belief sich bei 5 A Nennstrom auf etwa 2 × 1,5 W.

Zu II. Die durch die Bekanntmachung Nr. 431[4]) vom 20. 1. 1937 zur Beglaubigung zugelassenen Drehstromzähler der Formen D16A, ZD16A, D16Am, ZD16Am, D16A50 und ZD16A52 zur Messung des Wirkverbrauches werden unter den Formbezeichnungen D16ABV1, ZD16ABV1, D16AmBV1, ZD16AmBV1, D16A50BV1 und ZD16A52BV1 in geänderter Ausführung als Blindverbrauchszähler hergestellt.

Sie können in Drehstromanlagen mit und ohne Nulleiter zur Messung des Blindverbrauches verwendet und für Nennstromstärken von 1 bis 10 A, für Nennspannungen bis 375/650V und für Nennfrequenzen von 40 bis 60 Hz beglaubigt werden. Bezüglich der Unterschiede der Blindverbrauchszähler von den entsprechenden Wirkverbrauchszählern und bezüglich des Verwendungszweckes (für Nacheilung oder Voreilung) mit der entsprechenden Kennzeichnung auf dem Zählerschild gilt das gleiche, wie unter I dieser Bekanntmachung für die Zähler der Form D17ABV1 gesagt ist. Die untersuchten Zähler der Frequenz 50 Hz hatten bei Nennblindlast ein Drehmoment von etwa 19 bis 22 cmg. Anlauf, Ankergewicht, Drehzahl bei Nennblindlast und Eigenverbrauch je System hatten etwa die gleichen Werte, wie sie für die Zähler unter I dieser Bekanntmachung angegeben sind.

Elektrisches Prüfamt 34.

Nachdem die Elektrizitätswerk Südwest AG. in Berlin-Wilmersdorf aufgehört hat, als selbständiges Werk zu bestehen, ist damit auch das von diesem Werk bisher betriebene Elektrische Prüfamt 34 erloschen[5]).

DK 621.317.39 : 631.42

Lichtelektrisches Gerät für die Bestimmung des Kali- und Phosphorsäuregehaltes von Ackererde.

Kulturböden müssen, um einen guten Ertrag zu bringen, mindestens 0,1 g Kali und 0,01 g Phosphorsäure je kg enthalten. Fehlen diese Stoffe, so werden sie durch Düngung zugeführt. Um den Bedarf an Düngemitteln zahlenmäßig festzustellen, ist eine Untersuchung des Bodens auf seinen Kali- und Phosphorsäuregehalt notwendig. Da nur der von der Pflanze tatsächlich aufzunehmende Anteil dieser Stoffe interessiert, bildet die Grundlage der Untersuchung ein von Prof. Dr. Neubauer ausgearbeitetes Verfahren, bei dem eine Pflanze in den Gang der Analyse eingeschaltet ist. In eine bestimmte Menge des zu untersuchenden Bodens werden eine bestimmte Anzahl ziemlich gleicher Roggenkörner gesät und dort unter stets gleichbleibenden Bedingungen bezüglich Temperatur, Wasserzufuhr usw. 17 Tage lang belassen. Die Pflanzen haben nunmehr dem Boden den ganzen Gehalt an

[1]) Auszug aus dem Sonderdruck über die Bekanntmachung Nr. 483 der PTR. Zu beziehen durch die Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin.
[2]) ETZ 57 (1936) S. 1453.
[3]) ETZ 59 (1938) S. 426.
[4]) ETZ 58 (1937) S. 692.
[5]) Reichsministerialblatt 1938, S. 547. Bekanntmachung Nr. 484 der PTR.

Kali und Phosphorsäure entzogen und werden jetzt verascht. Eine chemische Analyse dieser Asche ist langwierig und kann nur von Chemikern durchgeführt werden. Massenuntersuchungen, wie sie der Reichsnährstand von den landwirtschaftlichen Versuchsanstalten durchführen lassen will, um jedem Bauer seine Düngeanweisung zu geben, sind so nicht durchzuführen.

Auf Anregung von Prof. Neubauer, der auf die von Dr. Waibel erzielten Fortschritte in den spektralanalytischen Untersuchungsverfahren aufmerksam geworden war[1]), wurde nunmehr ein lichtelektrisches Gerät entwickelt, mit dem der Kali- und Phosphorsäuregehalt der Pflanzenasche in wenigen Sekunden bestimmt werden kann. Die Sicherheit der Bestimmung ist hierbei noch größer und das ganze Verfahren so einfach, daß es von Hilfskräften ausgeführt werden kann. Weiter bietet das Gerät den großen Vorteil, daß mit ihm sowohl die Kali- als auch die Phosphorbestimmung durchgeführt werden können.

Für die Kalibestimmung werden wenige cm^3 der Aschenlösung mittels Zerstäuber in eine sehr heiße Azethylenflamme geblasen, durch die das Kali nun zum Leuchten im Dunkelrot angeregt wird. Die Intensität des ausgefilterten roten Kaliumlichtes wird mit einer Photozelle (Cäsiumzelle) gemessen, deren Photostrom an einem angeschlossenen Strommesser einen Anschlag hervorruft. Somit ist in Sekundenschnelle der Kaligehalt abzulesen.

Für die Phosphorbestimmung ist nur eine einfache Zusatzeinrichtung, bestehend aus einer kleinen Glühlampe und einem Glastrog, zur Aufnahme der Versuchslösung nötig. Die Untersuchung geschieht jetzt auf absorptionskolorimetrischem Wege. Die Lösung wird durch eine chemische Reaktion blau gefärbt, wobei der Gehalt an Blaustoff ein Maß für den Gehalt an Phosphorsäure ist. Das Lampenlicht wird durch die Lösung geschickt, und da Blau gerade die rote Strahlung am stärksten absorbiert, erreicht man über das Rotfilter die empfindlichste Messung. Für diese Bestimmung wird nur der zehnte Teil der ursprünglichen Aschenlösung benötigt. Die Bestimmung kann somit im Bedarfsfalle beliebig oft wiederholt werden, während bei der chemischen Analyse der gesamte Lösungsvorrat auf einmal verbraucht wird. Das lichtelektrische Verfahren ist so empfindlich, daß für 10^{-2}% Kaligehalt, d. i. die praktisch stärkst verdünnte Lösung des Neubauer-Verfahrens, noch 30 mm Ausschlag am Strommesser erhalten werden. Wenn Fremdelemente nicht vorherrschend sind, lassen sich noch Gehalte von $5 \cdot 10^{-5}$% messen. Bei der Phosphorsäurebestimmung sind noch Unterschiede von 10^{-7}% gut zu ermitteln. Mengenmäßig können sowohl bei der Kali- als auch bei der Phosphorsäurebestimmung noch Gehalte bis zu 10^{-5} mg herab mit dem lichtelektrischen Verfahren festgestellt werden. *Jkl.*

Lichttechnik.

DK 535.1

Das Lichtfeld. [Nach A. Gersun, Rev. gén. Électr. 44 (1938) S. 307; 5½ S., 3 Abb. — A. Blondel, ebenda S. 312; 5½ S., 7 Abb.]

Die Aussprache zwischen den Herren A. Gersun und A. Blondel über die Zweckmäßigkeit der Einführung des Lichtfeldes in die rechnende Beleuchungstechnik[2]) ist neuerdings wieder fortgesetzt worden. Gersun bemüht sich, Blondels Einwände zu entkräften, was ihm aber in den wichtigsten Punkten nicht gelingt. So richtig die Vorstellung vom Lichtfeld an sich ist und so interessant sie für den theoretischen Physiker vielleicht auch sein mag, so wenig praktische Bedeutung dürfte sie für die Lichttechnik haben. Das geht nicht nur aus den Äußerungen Gersuns hervor, der zwar große Vorzüge in der vektoriellen Betrachtung der photometrischen Größen sieht, aber diese Vorzüge doch nur in allgemeinen Wendungen wie: „Das Erkennenlassen neuer Beziehungen, Vereinfachung und Erhöhung der Übersichtlichkeit über die Zusammenhänge zwischen den einzelnen photometrischen Größen" zu erläutern vermag; es wird besonders deutlich aus der neuen Erwiderung Blondels, der unter abermaliger Benutzung der in den Gersunschen Aufsätzen zitierten Beispiele zeigt, daß die Lösung der verschiedenen Aufgaben mit den heute üblichen Rechenverfahren ebenso einfach und der Vorstellung von der geradlinigen Ausbreitung des Lichtes wesensnäher erfolgen kann. Das gilt besonders für die sich aus dem Gersunschen Lichtvektor ergebenden Lichtröhren, die zu der Vorstellung verleiten müssen, als ob der Lichtstrom in diesen Lichtröhren flösse, was aber keineswegs der Fall ist, wie auch Gersun auf eine diesbezügliche Vorhaltung Blondels zugeben muß. — An dem Eindruck, den man nach Lesen der ersten beiden Veröffentlichungen hatte, hat sich also durch die erneute Aussprache nichts geändert. Die Bemühungen Gersuns, die feldmäßige Betrachtung und das vektorielle Rechenverfahren in die Lichttechnik einzuführen, sind zum Scheitern verurteilt, weil für eine derartige, theoretisch sicher sehr interessante Betrachtungsweise keinerlei praktisches Bedürfnis vorliegt. *A. Dr.*

[1]) Vgl. F. Waibel, Die quantitative Flammenspektralanalyse, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 14 (1935), H. 2, S. 32.

[2]) ETZ 59 (1938) S. 148.

Elektrowärme.

DK 621.791.731 : 669.11

Zur Frage der Auswahl von Elektroden zum Schweißen von mittel- und niedrigkohlenstoffhaltigen Stählen. [Nach V. Bojko, Abtogenoe Delo 3 (1935) H. 6, S. 10; 10 S., 10 Abb.]

Während meist die Herstellung umhüllter Schweißstäbe und besonders die Zusammensetzung von Elektroden-Umhüllungsmassen entweder als Geschäftsgeheimnis gehütet oder nur durch Schutzrechte bekannt wird, werden in obiger Zeitschrift fortlaufend Untersuchungen hierüber veröffentlicht, in welchen sogar der Einfluß der einzelnen Bestandteile der Drahtseele und der Umhüllung auf ihre Wirkung festgelegt wird. Zu den besten und umfangreichsten Arbeiten darf man wohl die vorliegende zählen. Nach bemerkenswerten theoretischen Erörterungen wird ein Draht von gegebener Analyse mit einer nach Rezept angefertigten Masse auf Grund genauer Betriebsanweisung umhüllt und mit diesen Elektroden eine Anzahl Rohrstücke geschweißt. Dann werden sowohl die Schweißung als auch die Schlacken chemisch und technologisch hinsichtlich ihrer Gütewerte untersucht, wobei hauptsächlich der Einfluß des C- und Mn-Gehaltes auch auf die Anwesenheit von O und N, sowie der Einfluß des Wasserglases als Bindungsmittel festgelegt wird. Zahlreiche Tafeln und Schaubilder vervollständigen die Arbeit, welche dem Fachmann reiche Anregungen bieten dürfte. *I. C. F.*

Verkehrstechnik.

DK 621.335.4 (494)

Neue Schnelltriebzüge der Schweizer Bundesbahnen. [Nach Bull. Oerlikon (1938) Nr. 205/206, S. 1273; 2 S., 4 Abb.]

Da die Schweizerischen Bundesbahnen mit leichten Schnelltriebwagen sehr gute Erfolge erzielt haben, wurden im Mai d. J. zwei weitere Dreiwagen-Schnelltriebzüge in Dienst gestellt. Die selbst auf Steigungen von 12‰ erzielte Höchstgeschwindigkeit beträgt 150 km/h, die Anfahrbeschleunigung auf der Waagerechten 0,54 m/s^2. Auf der Strecke Zürich—Genf mit Zwischenhalten in Bern und Lausanne wird eine Reisegeschwindigkeit von 104 km/h erreicht. Der Zug besteht als untrennbare Einheit aus zwei Trieb- und einem Zwischenwagen und hat insgesamt 222 Sitzplätze. Jeder Triebwagen hat eine vollständige elektrische Ausrüstung. Die Fahrdrahtspannung von 15 kV, $16^2/_3$ Hz kann durch einen Gleittransformator stufenlos auf Sekundärspannungen von 40 bis 400 V geregelt werden, wobei ein Kontaktarm mit Rolle auf den blanken spiralförmigen Sekundärwicklungen des Transformators gleitet[1]). Jeder Triebwagen hat vier selbstgelüftete Motoren von je 216 kW Stundenleistung bei 118 km/h. Je zwei derselben sind in Reihe geschaltet. Beim Bremsen arbeiten sie als Gleichstrom-Reihenschlußgeneratoren auf Widerstände auf dem Wagendach, wobei sie zu Beginn der Bremsung mit Batteriestrom kurzzeitig vorerregt werden. Zusammen mit der selbsttätigen Luftdruckbremse des Zwischenwagens wird so eine Bremsverzögerung bis 0,9 m/s^2 erzielt. Die durchgehende Luftdruckbremse kann mittels Führerbremsventils als Regulierbremse dienen, bei Notbremsung wird sie über Elektroventile betätigt, so daß in Bruchteilen einer Sekunde volle Bremswirkung eintritt. Der erste der beiden Züge hat in drei Monaten ohne ernste Störung bereits rd. 60 000 km zurückgelegt. Der zweite Zug dient als Reserve und für den Ausflugverkehr. *Dtl.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.396.615.12

Das Verhalten der Habannröhre als negativer Widerstand. [Nach F. W. Gundlach, Elektr. Nachr.-Techn. 15 (1938) S. 183; 18 S., 23 Abb.]

Die Habannröhren haben zur Schwingungserzeugung im Gebiete der Dezimeterwellen wegen ihrer hohen Nutzleistung und ihres guten Wirkungsgrades besondere Bedeutung erlangt[2]). Um bei der großen Zahl der vorhandenen Parameter (Anodenradius r_a, Schlitzpaarzahl p, Stärke

[1]) Siehe ETZ 59 (1938) S. 643.

[2]) Vgl. F. W. Gundlach, ETZ 58 (1937) S. 653.

der magnetischen Induktion B, Anodengleichspannung U_a, Kreisfrequenz ω des Schwingungskreises) durchsichtige Verhältnisse zu erhalten, setzt man zweckmäßig zwei kennzeichnende Grundgrößen fest, die Krümmungszahl k und die Umlaufzahl n; die Definitionsgleichungen sind:

$$k = \sqrt{\frac{-8\,m}{e}}\;\frac{\sqrt{U_a}}{B\,r_a} \quad \text{und} \quad n = \frac{-e}{m}\;\frac{B}{\omega}$$

(e Ladung, m Masse des Elektrons).

In der vorliegenden Arbeit wird an Hand der Differentialgleichungen für die Bewegung eines Elektrons im elektrischen und magnetischen Felde die allgemeine Bedeutung der Grundgrößen k und n bewiesen; die Stromverteilung im Innern einer Habannröhre bleibt unverändert, wenn k und n konstant gehalten werden; es ist daraus zu entnehmen, daß es nur auf die gegenseitigen Verhältnisse zwischen Anodenspannung, Magnetfeld, Röhrengröße und Frequenz ankommt, nicht aber auf die absoluten Werte. — Eine allgemeine analytische Lösung für den Verlauf der Elektronenbahnen im Innern der Röhre anzugeben, gelingt infolge des komplizierten Verlaufes des elektrischen Feldes nicht. Näherungsweise läßt sich aus den

L Elektronenleitbahn A_1, A_2 Anodensegmente
$u_\sim$ Anodenwechselspannung $i_\sim$ Influenzstrom t Zeit
$\alpha_U = \frac{\text{Anodenwechselspannung (eff.)}}{\text{Anodengleichspannung}}$

Abb. 4. Beispiel für den Elektronenbahnverlauf und den Influenzstrom in einer Zweischlitzröhre bei hoher Frequenz.

Bewegungsgleichungen berechnen, daß die Elektronen Zykloidenbahnen beschreiben; jedes einzelne Elektron durchläuft einen Kreis mit einer Winkelgeschwindigkeit $\omega_0 = \frac{-e}{m} B$, wobei der Kreismittelpunkt einer Potentiallinie des elektrischen Feldes mit der Geschwindigkeit $v_L = \mathfrak{E}/B$ folgt ($\mathfrak{E}$ Betrag der elektrischen Feldstärke an der gerade durchlaufenen Stelle). — Weiterhin lassen sich die Elektronenbahnen graphisch konstruieren; das Verfahren ist auch bei hohen Frequenzen durchführbar, d. h. in solchen Fällen, bei denen sich während des Elektronenüberganges die Wechselspannung an den Anodensegmenten schon nennenswert verändert hat. Abb. 4 zeigt ein Beispiel einer solchen konstruierten Elektronenbahn für eine Zweischlitzröhre; der Elektronenübergang dauert fast eine ganze Periode der Wechselspannung $u_\sim$ zwischen den Anodensegmenten (vgl. die Diagramme); auch der Wechselstrom $i_\sim$, den das Elektron zwischen den Segmenten influenziert, läßt sich graphisch konstruieren. Die genaue Durchführung dieser theoretischen Betrachtungen gestattet es, die Arbeitsweise der Habannröhren qualitativ einwandfrei zu erklären.

Die meßtechnischen Untersuchungen der vorliegenden Arbeit haben die Aufgabe, die Bereiche zu bestimmen, in denen die Habannröhren bei niedrigen und bei hohen Frequenzen schwingfähig sind, und außerdem die „Schwingkennlinien" zu ermitteln. Unter den Schwingkennlinien wird der Zusammenhang verstanden zwischen dem Effektivwert der Anodenwechselspannung und dem Effektivwert des Anodenwechselstromes, der je nach Lage des Arbeitspunktes positiv oder negativ (Röhre schwingungsanfachend) sein kann; nach einem besonderen Meßverfahren lassen sich diese Kennlinien auch bei höchsten Frequenzen aufnehmen; Abb. 5 zeigt ein Beispiel, aufgenommen an einer Zweischlitzröhre bei 71 MHz. Aus solchen Kurven läßt sich genau ersehen, wo die günstigsten Anfachbedingungen vorhanden sind.

$\alpha_U = \frac{\text{Anodenwechselspannung (eff.)}}{\text{Anodengleichspannung}}$ $\alpha_I = \frac{\text{Anodenwechselstrom (eff.)}}{\text{Anodengleichstrom}}$

Abb. 5. Schwingkennlinien einer Zweischlitzröhre bei hoher Frequenz.

Die theoretischen und meßtechnischen Untersuchungen ergeben folgendes Gesamtergebnis:

1. Bei niedrigen Frequenzen ($n \to \infty$) stellen die Habannröhren für alle Werte von $k < 1$ negative Widerstände dar. Je kleiner k, um so größer wird der Wirkungsgrad der Schwingungserzeugung; jedoch muß bei kleinem k der äußere Resonanzwiderstand sehr groß sein, damit sich überhaupt noch Schwingungen anfachen. 2. Bei hohen Frequenzen reicht der Bereich des negativen Widerstandes von $k = 1$ abwärts bis zu einem Grenzwert $k_{\text{grenz}} = \frac{1{,}7}{\sqrt{n\,p}}$. Dicht vor Erreichen dieser Grenze tritt bei dem Wert $k_{\text{opt}} = \frac{2{,}2}{\sqrt{n\,p}}$ ein Optimum der Schwingungsanfachung infolge der sogenannten „Laufzeiterregung" auf; hier werden auch kleine äußere Resonanzwiderstände bei vorzüglichem Wirkungsgrad entdämpft. Die Erscheinung der Laufzeiterregung liegt darin begründet, daß während der Elektronenlaufzeit sich das elektrische Feld in der Röhre stark verändert (vgl. auch Abb. 4). *Eb.*

DK 621. 391. 31.011

Die Übertragungskonstanten von Fernmeldefreileitungen. [Nach H. Kaden u. H. Kaufmann, Elektr. Nachr.-Techn. 15 (1938) S. 210; 8 S., 9 Abb.]

Die Übertragungseigenschaften von Freileitungen sind nicht allein durch die eigenen Leitungskonstanten, also Kapazität, Induktivität, Widerstand und Ableitung, bestimmt,

Abb. 6. Abhängigkeit der Dämpfung b einer gekreuzten Doppelleitung von der Frequenz.
Kapazitive Kopplung zur parallellaufenden Leitung: k_1 = 790 pF/km.
Länge der Leitung: l = 281 km. Kreuzungsschritt: s = 1,6 km.
Betriebskapazität: C = 5,70 nF/km.

sondern die Rückwirkung der Nachbarleitungen ist bei bestimmten Frequenzen so groß, daß sie zu Dämpfungserhöhungen, die als Absorptionsspitzen zu bezeichnen sind, Anlaß gibt (Abb. 6). Diese Erscheinung ist bisher noch nicht rechnerisch erfaßt worden. Sie kann sich dann besonders stark auswirken, wenn bei gekreuzten Leitungen die natürliche Phasendrehung für bestimmte Frequenzen gerade durch die beim Kreuzen aufgehoben wird. In solchem Falle entzieht die gestörte Leitung der störenden Leitung erhebliche Energie, womit ähnliche Verhältnisse wie bei Resonanzerscheinungen in Schwingungskreisen auftreten. Diese Erscheinung ist heute von erheblicher Bedeutung, weil durch Trägerfrequenzsysteme die Freileitungen bis zu immer höheren Frequenzen ausgenutzt werden. Die Verfasser legen nunmehr an Hand genauer Berechnungen mit Kurvenbildern die theoretischen und eindeutig bestimmten Eigenschaften von ungekreuzten und gekreuzten Freileitungen dar. Während im ersten Fall die Fremdeinflüsse (insbesondere Witterungseinflüsse) leicht zu berücksichtigen sind, erfordert die Berücksichtigung der Rückwirkungen von Nachbarleitungen umständlichere Rechenverfahren, die jedoch durch für den Normalfall zulässige Vernachlässigungen doch auf einfache Gebrauchsformeln zu bringen sind. Aus der exakten Berechnung kommen die Verfasser zu dem Ergebnis, daß die Frequenzen, bei denen die Absorptionsspitzen auftreten, nur vom Kreuzungsschema abhängen. Dagegen zeigt es sich, daß die Größe der Dämpfungserhöhung von der Leitungsdämpfung und der Kopplung zwischen den Leitungen abhängig ist. Für Frequenzen, bei denen keine Absorptionen auftreten, lassen sich alle Übertragungskonstanten aus einparametrischen Kurvenscharen ablesen, bei denen Stromverdrängung, Permeabilität der Drähte usw. berücksichtigt sind. *Kdn.*

DK 621.395(061.3)

Tagung der technischen Berichterausschüsse des Zwischenstaatlichen Beratenden Ausschusses für den Fernsprechdienst (CCIF).

Ende Juni 1938 tagten in Oslo die technischen Berichterausschüsse des CCIF. Von den Ergebnissen ihrer Arbeiten seien in erster Linie die neuen „Leitsätze zum Schutze der Fernmeldeanlagen gegen die Fernwirkung der Starkstromanlagen" und die neuen „Empfehlungen für Maßnahmen zum Schutz gegen Kabelfreßschäden" genannt. Die neuen Leitsätze, die in den letzten Jahren ausgearbeitet und in Oslo abschließend beraten und angenommen worden sind, ersetzen die im Jahre 1930 in Kraft getretene Fassung und tragen den reichen technischen Erfahrungen und Forschungen der Zwischenzeit Rechnung. So enthalten sie z. B. für die Berechnung der Gegeninduktivität zwischen zwei Leitungen Hilfsmittel, die gestatten, die Bodenleitfähigkeit besser als früher zu berücksichtigen. Ferner behandeln die Leitsätze nun auch die Telegraphenleitungen, für die bisher das CCIT gesonderte Leitsätze aufgestellt hatte. Wesentlich geändert sind die Angaben über die Berechnung der Kurzschlußströme. Neu ist ein Abschnitt über die Störwirkung von Gleichstrombahnen bei Näherungen.

Die Empfehlungen für Maßnahmen zum Schutz gegen Kabelfreßschäden sind das Ergebnis langjähriger Arbeiten, die sich an den 1927 vom CCIF veröffentlichten ersten Entwurf anschlossen. Die Empfehlungen sollen ebenso wie die Leitsätze nach Billigung durch die Telegraphen- und Fernsprechverwaltungen am 1. 1. 1939 in Kraft treten.

Von den Ergebnissen der Arbeiten der Ausschüsse für die Übertragungsfragen können nur die wichtigsten hier erwähnt werden. Im Vordergrund der Verhandlungen standen die Frage nach der Erweiterung des auf Fernsprechleitungen zu übertragenden Frequenzbandes, die Trägerstromverfahren auf unbespulten Kabelleitungen und die Regelung der Wähltechnik im zwischenstaatlichen Verkehr. Mit Rücksicht auf die Erweiterung des Frequenzbandes, die in den neusten Sprechstellengeräten gelungen ist, wurde eine Erweiterung des Frequenzbandes der zwischenstaatlichen Leitungen über die heutige Grenze von 2600 Hz hinaus als erwünscht bezeichnet. Als erster Schritt in dieser Richtung ist die Empfehlung gegeben, daß die Trägerstromsysteme auf unbespulten Kabeln die Frequenzen bis 3400 Hz übertragen sollen. Für die anderen Leitungsarten soll die Erweiterung erst nach und nach empfohlen werden.

Im Zusammenhang mit der Festsetzung der Frequenzbandbreite wurde für die Trägerstromsysteme des zwischenstaatlichen Verkehrs auf unbespulten Kabeln der Abstand der Trägerfrequenzen auf 4 kHz festgesetzt und empfohlen, auf symmetrischen Doppeladern 12 Kanäle zwischen 12 und 60 kHz unterzubringen. Dabei soll das obere Seitenband der Trägerfrequenzen 12, 16, 20 usw. bis 56 kHz übertragen werden. Die Zahl der Modulationsstufen, mit denen diese Frequenzbelegung erreicht wird, steht frei.

Da das CCIF mit einer Ausdehnung der Fernsprechwähltechnik über die Grenzen der Länder rechnet, hat es sich der Aufgabe unterzogen, einheitliche Zeichen für den zwischenstaatlichen Wählbetrieb zu vereinbaren. Es gelang, für die Hörzeichen, die über die zwischenstaatlichen Leitungen gehen müssen, nämlich für Rufzeichen und Besetztzeichen, Rahmenbestimmungen zu vereinbaren, bei deren Einhaltung die Beamtin des Abgangslandes diese beiden Zeichen der fremden Länder sicher unterscheiden kann. Ferner konnten die wichtigsten Steuerzeichen für den zwischenstaatlichen Wählverkehr (Belegen, Wählen, Gesprächsbeginn, Beobachten, Auslösen) in ihrem Aufbau festgelegt werden. Dabei wurde die Einführung eines Vorbereitungszeichens vorgesehen, das vor einigen der Steuerzeichen gegeben wird. Dieses Vorbereitungszeichen soll eine zwischenstaatliche Durchgangsverbindung vor Ankunft der Steuerzeichen unterteilen und dadurch das Eindringen fremder oder zwischenstaatlicher Wählzeichen in die nicht dafür eingerichteten innerstaatlichen Wähleranlagen verhindern.

Im Anschluß an die Arbeiten des Ausschusses für den europäischen Schaltplan wurde ferner der Höchstwert der Gesamtbezugsdämpfung einer zwischenstaatlichen Verbindung (4,6 Neper) so aufgeteilt daß die innerstaatliche Sendebezugsdämpfung 2,35 Neper, die innerstaatliche Empfangsbezugsdämpfung 1,85 Neper nicht überschreiten soll, während für die Durchgangsdämpfung der zwischenstaatlichen Leitungen der Richtwert 0 Neper gilt und die restlichen 0,4 Neper den Spielraum für die Abweichungen und Dämpfungsschwankungen auf den zwischenstaatlichen Leitungen geben. Weiter wurden auf dem Gebiet der Fernsprechakustik eine Anzahl von Richtlinien und Empfehlungen für verschiedene Meßgeräte und Meßverfahren gegeben.

Die Beschlüsse der Ausschüsse bedürfen im allgemeinen noch der Billigung durch die Vollversammlung des CCIF. Die hier besonders genannten Tagungsergebnisse betreffen aber Fragen, die als dringend bezeichnet worden waren. Daher können die betreffenden Empfehlungen ausnahmsweise am 1. 1. 1939 auch ohne Beratung in der Vollversammlung in Kraft treten. *Bne.*

Theoretische Elektrotechnik.

537.241 : 535.376

Aufladepotentiale elektronenbestrahlter Leuchtmassen. [Nach H. Bey, Phys. Z. 39 (1938) S. 605; 6½ S., 12 Abb.]

Ein im Hochvakuum befindlicher Leuchtschirm lädt sich bei Bestrahlung mit Elektronen auf. H. Bey mißt das Aufladepotential des Schirms, indem er den Ausschlag eines Elektrometerfadens bestimmt, der sich 1 cm vor dem Schirm befindet und Anodenpotential hat. Abb. 7 zeigt die so gemessene Spannung zwischen Anode und Schirm. Wenn die Anodenspannung von 0 bis etwa 100 V steigt, so werden die Elektronen zwischen Anode und Schirm abgebremst und erreichen nicht den Schirm. Der Ausschlag des Fadens ist proportional der Anodenspannung. Bei höherer Anodenspannung gelangen die Elektronen bis zum Schirm und lösen dort Sekundärelektronen aus, deren Zahl größer ist als die der Primärelektronen. Durch den Verlust negativer Teilchen lädt sich der Schirm so weit positiv auf, bis er Anodenpotential erreicht hat. Der Faden zeigt keinen Ausschlag. Von einer bestimmten Anodenspannung an, die von der Art der Schirmmasse abhängt und in der Größenordnung einiger Kilovolt liegt, folgt der Schirm nicht mehr dem Anodenpotential. Ein isolierter Metallschirm behält das Potential des Knickpunktes; die Ausschlagskurve steigt unter 45° an. Bei einem isolierten Leuchtschirm (Abb. 6) steigt der Ausschlag langsamer; das

Abb. 7. Aufladekurve eines Zink-Cadmiumsulfat-Schirmes. ○ erste Meßreihe: $I = 1{,}4 \cdot 10^{-5}$ A, × zweite Meßreihe: $I = 3 \cdot 10^{-5}$ A.

Schirmpotential folgt also noch etwas dem Anodenpotential. Abb. 7 zeigt ferner, daß das Schirmpotential nicht von der Menge der auftreffenden Elektronen abhängt. Bei Dauerbelastung wandert der Knickpunkt zu niedrigeren Werten der Spannung. Oberhalb der Knickpunktsspannung tritt eine Fleckvergrößerung auf, die sich infolge einer radialen Komponente des Gegenfeldes einstellt. Die mit einem Photoelement gemessene Leuchtdichte des Schirms ist proportional zur Zahl der auftreffenden Elektronen. Von der Anodenspannung hängt sie zunächst quadratisch, dann linear ab. Nach der Knickpunktsspannung wird der Anstieg der Leuchtdichte wesentlich kleiner, da die Elektronen dann abgebremst werden. Die Lichtausbeute wird größer, wenn man einen Metallschirm benutzt, der mit der Anode leitend verbunden ist. *Br.*

DK 621.315.6.015.52

Die Überschlagsfestigkeit von Isolatoren zwischen ebenen Elektroden, insbesondere bei Gleichspannung. [Nach Theodor v. Keller, Dissertation T. H. München 1938.]

Die Arbeit behandelt im Anschluß an die Arbeiten[1]) von Schwaiger und Ritz den Überschlagsvorgang an zylindrischen Isolatoren zwischen ebenen Elektroden des Rogowski-Profiles. Für die Erzeugung der relativen Feuchtigkeitsgrade zwischen 0 und 100% wurde eine Anordnung mit dauernder Luftumwälzung nach Art der Bongardsschen Hygrometerprüfeinrichtung entwickelt. Die an Glas, Porzellan, Hartpapier und anderen Isoliermaterialien durchgeführten Messungen zeigten, daß ihr Verhalten bei Gleichspannung sich von dem bei Wechselspannung teilweise wesentlich unterscheidet; insbesondere tritt allgemein der „Spannungssturz", d. h. das plötzliche Absinken der Überschlagspannung unter die dem Elektrodenabstand entsprechende Luftdurchschlagspannung schon bei geringeren relativen Feuchtigkeiten bis zu 0% herab ein; dabei bleibt die Endüberschlagspannung bei 100% rel. Feuchtigkeit die gleiche wie bei Wechselspannung. Die Ergebnisse dieser Messungen werden eingehend besprochen. Die bereits früher geäußerte Ansicht, daß das unterschiedliche Verhalten auf die Bewegung der Wasserteilchen auf der Isolatorenoberfläche zurückzuführen sei, wird an Hand der Adsorption behandelt und durch Versuche an einfachen Modellen erhärtet. Nachdem sich auf Grund der Adsorptionserscheinungen alle Vorgänge an den untersuchten Isolatoren erklären lassen, wird gefolgert, daß nicht die Verkürzung des Elektrodenabstandes durch die Wasserteilchen, sondern nur deren Bewegung den Spannungssturz herbeiführt. Auf Grund von Überlegungen und Versuchen mit kapazitiv unterteilten Isolatoren kommt der Verfasser weiterhin zu dem Schluß, daß die Messung der Spannungsverteilung nach den üblichen Verfahren beim feuchtigkeitsbehafteten Isolator keine Schlüsse auf die Überschlagspannung zuläßt. *Vb.*

DK 538.522.3

Resonanzbedingungen in eisenhaltigen Stromkreisen. [Nach P. H. Odessey u. E. Weber, Electr. Engng. 57 (1938) Trans. Sect. S. 444; 9 S., 16 Abb.]

Das graphische Verfahren zur Untersuchung von eisenhaltigen Stromkreisen beruht bekanntlich in der Bestimmung der Schnittpunkte der Drosselkennlinie $U_L = f(I)$ und einer Ellipse, die der Gleichung $U_L = \sqrt{U^2 - (I R)^2} + I/\omega C$ entspricht, wobei U die aufgedrückte Spannung, I den Strom, C die Kapazität und ω die Kreisfrequenz bedeuten. Jeder Schnittpunkt kann eine stabile oder unstabile Lage vorstellen, je nachdem ob in diesem Punkte die Steigung von $f(I)$ größer oder kleiner als diejenige von U_L ist, wobei der Sinn beider Änderungen zu beobachten ist. Ist U_i der Schnittpunkt der gemeinsamen Tangente der Drosselkennlinie und der Ellipse mit der I-Achse, so ergibt sich für den kritischen Strom, d. h. den Strom bei dem noch Stabilität vorhanden sein kann, die Beziehung $I_\alpha = U/R \sqrt{1 - (U/U_i)^2}$, und ähnlich kann für die kritische Kapazität der Ausdruck $C_\alpha = 1/[\omega \operatorname{tg} \alpha + R \omega \sqrt{(U_i/U)^2 - 1}]$ gefunden werden, in dem R den Stromkreiswiderstand und α den Neigungswinkel der Tangente bedeuten. Der Höchstwert von I_α ist durch den einfachen Ausdruck $I_{\alpha m} = U_i/2 R$ gegeben, die ihm entsprechende aufgedrückte Spannung ist $U = U_i/\sqrt{2}$. Die Abhängigkeit zwischen I und U ist nicht durch eine Gerade, sondern durch eine Parabel dargestellt, was mit den von Rouelle[1]) versuchsweise aufgenommenen Werten gut übereinstimmt. Diese Beziehungen gelten nur für das Gebiet der starken Ströme (flacher Teil der Magnetisierungskurve). Für das Gebiet von schwachen Strömen ist eine eingehende Untersuchung von Stabilitätsbedingungen in jedem Schnittpunkt notwendig, und es ergibt sich, daß unter Umständen der kritische Strom mit steigendem Stromkreiswiderstand nur unbedeutend anwachsen kann. Die Anwendungen dieser Ergebnisse zur praktischen Lösung von verschiedenen Aufgaben sind zahlreich. Ist z. B. die Spannung U und die Kapazität C für eine Drossel, deren Kennlinie $f(I)$ und deren Scheinwiderstand R_A in Abhängigkeit von I bekannt sind, so zu entwerfen, daß für einen gegebenen Stromkreiswiderstand die größte Stromschwankung stattfindet, so entnimmt man der Drosselkennlinie den Wert U_i, was $I_{\alpha m} = U_i/2 R$ ergeben würde; für diesen Strom ergibt sich aber ein Scheinwiderstand R_A, so daß endgültig $I_{\alpha m} = U_i/(2 R + R_A)$ ist, vorausgesetzt, daß U_i nur unbedeutend geändert wird. Die gesuchte aufgedrückte Spannung ist $U = U_i/\sqrt{2}$. Die erforderliche Kapazität ist durch die obige Formel gegeben. Ähnlich, d. h. durch Benutzung der Drosselkennlinie können z. B. die aufgedrückte Spannung, die Kapazität und der Stromkreiswiderstand für den Fall bestimmt werden, wo der Stromkreis für eine kleine Spannungsänderung eine große, jedoch gleichsinnige Stromänderung ergeben soll. Die vorausberechneten Werte der kritischen Ströme und Kapazitäten stimmen, für einen untersuchten Stromkreis, auf rd. 7% mit den tatsächlich beobachteten überein. *—ak.*

DK 621.385.16

Das Verhalten von Bremsfeldröhren im magnetischen Feld. [Nach Ch. Biguenet, Rev. gén. Électr. 44 (1938) S. 9; 6½ S., 11 Abb.]

Die in der Barkhausenschen Bremsfeldröhre erzeugten sehr kurzen Wellen können durch ein axiales Magnetfeld, das zur Elektronenbahn senkrecht steht, in günstiger Weise beeinflußt werden. In schwachen Magnetfeldern kann der Schwingbereich der Röhre wesentlich verbreitert werden, wobei die Wellenlänge der Schwingungen bemerkenswert wenig geändert wird. In stärkeren Magnetfeldern wird die Elektronenbahn stark gekrümmt, so daß sich das Verhalten der Röhre dem Magnetfeldröhrensender nähert. Hierbei wird das Gitter zur eigentlichen Anode. In der Regel ist dabei die Wellenlänge gleich der Welle der als einfache Triode geschalteten Röhre. Man glaubt hier, auf eine Art Resonanz schließen zu können, bei der das Gitter eine wesentliche Rolle spielt. *Grs.*

Physik.

DK 621.385.1 : 539.166.83

Folgeerscheinungen der Sekundäremission in Verstärkerröhren. [Nach J. L. G. Jonker, Philips techn. Rdsch. 3 (1938) S. 215; 6 S., 12 Abb.]

Sekundärelektronen können in jeder Verstärkerröhre auftreten, sobald Elektronen, die durch die in Verstärkerröhren üblichen Spannungen beschleunigt werden, eine leitende oder isolierende Fläche treffen. Im allgemeinen ist die Zahl der Sekundärelektronen auch bei nicht für besonders große Sekundäremission vorbereiteten Oberflächen von derselben Größenordnung wie die der Primärelektronen.

Das bekannte Beispiel eines Leiters, an dem unerwünschte Sekundäremission auftreten kann, ist die Anode einer Vierpolröhre. Wenn bei stärkeren Anodenspannungsschwankungen die Anodenspannung tiefer liegt als die Schirmgitterspannung, so tritt eine Sekundäremission von der Anode zum Schirmgitter ein. Der Anodenstrom nimmt ab, der Schirmgitterstrom stark zu, so daß bei sinusförmig verlaufender Anodenspannung im Anodenwechselstrom starke Verzerrungen entstehen.

Eine Verringerung der unerwünschten Sekundäremission auf 30 bis 50% des Primärelektronenstromes läßt sich durch Überzug der Anode mit einer Kohleschicht mit rauher oder flockiger Oberfläche erzielen. Weiter kommt man mit der Anbringung von Rippen oder Schotten auf der Anode, die größtenteils die Sekundärelektronen wieder auffangen. Das wirksamste Mittel ist die Anbringung eines mit einem Punkt niedrigen Potentials verbundenen Fanggitters zwischen Anode und Schirmgitter, dessen Potential stets etwas niedriger liegt als das der Anode und so die Sekundärelektronen zur Rückkehr veranlaßt. Das gleiche läßt sich auch ohne Fanggitter unter Aus-

---

[1]) Schwaiger, ETZ 43 (1922) S. 875; Ritz, Arch. Elektrotechn. 26 (1931) S. 58.

[1]) ETZ 57 (1936) S. 45 u. 305.

nutzung der Raumladung erreichen, deren Wirkung durch zwei mit der Kathode verbundene Zusatzelektroden verstärkt werden kann.

Ein isolierender Teil einer Rundfunkröhre, der leicht einen hohen Sekundäremissionsfaktor haben kann, ist z. B. ein Stützisolator. Wenn die Spannung des Isolators eine gewisse Größe überschreitet, so stellt sich der Isolator bei der Beschießung mit Elektronen auf eine hohe positive Spannung ein und liefert starke Sekundäremission, die die Aufrechterhaltung der hohen positiven Spannung bewirkt. Diese Erscheinung wird bei Kathodenstrahlröhren ausgenutzt, wo der Leuchtschirm auf hoher Spannung stehen muß, damit die Elektronen mit hinreichender kinetischer Energie aufprallen, um Fluoreszenz zu erregen, und ermöglicht die Herstellung von Röhren mit isolierendem Leuchtschirm. Als unerwünschte Erscheinung kann die Sekundäremission von Nichtleitern an den Isolatoren und Glaswänden von Rundfunkröhren auftreten und bei Endröhren Verzerrungen, bei Hochfrequenzverstärkerröhren eine zusätzliche Dämpfung im Ausgangskreis verursachen. Zur Vermeidung der störenden Erscheinungen sind, je nachdem, welcher Nichtleiter die Ursache der Sekundäremission bildet, verschiedene Lösungen möglich. Ein Stützisolator wird zweckmäßig mit einer Schicht geringer Emissionsfähigkeit z. B. Kohle überzogen. Die Innenseite der Glaswand einer Röhre wird kapazitiv geerdet, indem die Außenwand mit einer metallischen Bekleidung überzogen wird, die sich auf einem festen niedrigen Potential befindet. Schließlich kann man eine Aufladung der Glaswand auch dadurch vermeiden, daß man sie durch Kappen an den Enden der Anode bzw. durch einen auf Kathodenpotential befindlichen Gazekäfig völlig gegen Elektronen abschirmt. *Mbs.*

DK 536.212.2.092

Der Einfluß des Drucks auf die Wärmeleitfähigkeit der Metalle. [Nach Ch. Starr, Physic. Rev. 54 (1938) S. 210; 7 S., 4 Abb.]

Nach dem Wiedemann-Franzschen Gesetz ist das Verhältnis der Wärmeleitfähigkeit zur elektrischen Leitfähigkeit konstant. Die Theorie erklärt diese Konstanz durch die Annahme, daß auch die Wärmeleitung durch freie Elektronen bewirkt wird. Nach dieser Theorie müßte das Verhältnis vom Druck unabhängig sein. Da beide Leitfähigkeiten sich bei Drücken von 10 000 at nur um wenige Prozent ändern, erfordert die experimentelle Prüfung sehr genaue Messungen besonders der Wärmeleitfähigkeit. Solche Messungen sind von Ch. Starr nach einem verbesserten Verfahren für Kupfer, Silber, Gold bis zu Drücken von 12 000 at durchgeführt worden. Sie zeigen, im Gegensatz zu früheren Ergebnissen von Bridgman, daß das Wiedemann-Franzsche Verhältnis einen sehr kleinen positiven Druckkoeffizienten hat, der etwa 1‰ bei 10 000 at beträgt. Da der Druckkoeffizient der Wärmeleitfähigkeit für Isolatoren immer positiv ist, wird das Ergebnis auf einen nichtelektronischen Teil der Wärmeleitung zurückgeführt. *Br.*

DK 538.56.029.6 : 539.172.1

Erzeugungsbedingungen für schnelle Träger durch Hochfrequenz-Vielfachbeschleunigung. [Nach E. O. Schlosser, Ann. Phys. 32 (1938) S. 507; 13 S., 16 Abb.]

Neben dem Zyklotron dient die von R. Wideroe[1]) erdachte und von D. H. Sloan und E. O. Lawrence[2]) weiter entwickelte Linearbeschleunigungsmethode dazu, mit kleinen Spannungen durch wiederholte Beschleunigung positive Trägerstrahlen hoher Geschwindigkeit zu erzeugen. E. O. Schlosser berichtet über die Erfahrungen mit einer solchen Anlage, die mit einem Sender von nur 100 W arbeitet und bisher Geschwindigkeiten bis zu 200 kV lieferte. Die Träger werden in einem Anodenzylinder durch Beschießen mit den Elektronen eines Heizdrahtes erzeugt und aus dem feldfreien Raum durch eine negative Saugspannung herausgezogen und nachbeschleunigt. Eine Verminderung der Vorbeschleunigung zugunsten der Nachbeschleunigung ergibt bei gleicher Summe beider eine größere Steilheit. Die Hochfrequenzspannung wurde mit einem genau abgestimmten Teslatransformator erzeugt; mit 100 W und 4 kV Betriebsspannung wurde eine Hochfrequenzspannung von 9 kV erreicht. Die Hochfrequenzbeschleunigungsröhre wurde für 25 Beschleunigungen gebaut; trotzdem gelang es, die Kapazität auf den geringen Wert von 25 cm herunterzudrücken. Zur Geschwindigkeitsbestimmung erwies sich die elektrische Ablenkung als ungünstig; die magnetische lieferte dagegen zuverlässige Werte. *Br.*

[1]) R. Wideroe, Arch. Elektrotechn. 21 (1929) S. 387.
[2]) D. H. Sloan und E. O. Lawrence, Phys. Rev. 38 (1931) S. 2021.

DK 537.523.5 : 538.12

Verhalten des Lichtbogens in einem koaxialen magnetischen Feld. [Nach S. Fukuda u. S. Hoh, Electrotechn. J., Tokio, 2 (1938) S. 202; 4 S., 18 Abb.]

Es wird der Einfluß eines koaxialen magnetischen Feldes auf einen Wechselstromlichtbogen untersucht, der in ruhendem Gas zwischen zwei Wolframelektroden innerhalb eines Glasrohres von 25 mm Dmr. brennt. Die Lichtbogenstromstärke I_{eff} betrug im allgemeinen 36 A; der Bogen brannte bei einem Teil der Versuche in Luft, beim anderen Teil in Wasserdampf. Das koaxiale magnetische Feld wird durch eine die Lichtbogenanordnung umgebende, mit Gleichstrom gespeiste Spule erzeugt. Ohne Beeinflussung durch ein magnetisches Feld nimmt ein in ruhendem Gas brennender Lichtbogen bekanntlich ganz unregelmäßige Gestalt an. Photographische Aufnahmen zeigen, daß der Lichtbogen unter dem Einfluß des koaxialen magnetischen Feldes eine schraubenförmige Gestalt annimmt; dies ergibt sich besonders deutlich bei dem in Wasserdampf brennenden Bogen. Der schraubenförmig brennende Bogen dreht sich um eine durch die Verbindungslinie der beiden Elektroden gebildete Achse. Die Drehzahl ist von der magnetischen Feldstärke abhängig; sie steigt weniger als linear mit der Feldstärke von einem geringen Anfangswert bei der Feldstärke Null auf etwa 1400 U/min. bei 400 Gauß an. Mit zunehmender Feldstärke wird der Durchmesser der Schraubenlinie beim Versuch mit Wasserdampf so groß, daß der Lichtbogen die Wand des Glaszylinders berührt. Ein Erklärungsversuch für das Entstehen der Schraubenform des Bogens wird gegeben. Für eine bestimmte Richtung des koaxialen magnetischen Feldes und des Lichtbogenstromes ist nur ein Drehsinn der Schraube möglich. Die Kraftwirkung zwischen dem äußeren koaxialen Feld und dem Eigenfeld des Bogens versucht den Durchmesser der Schraubenlinie zu vergrößern; das Eigenfeld des Bogens will die Steigung der Schraubenlinie verkleinern. Infolge dieser Vorgänge treten Schwankungen der Lichtbogenlänge und, wie ein Oszillogramm zeigt, besonders ein starkes Flackern der Lichtbogenspannung ein. Diese Vorgänge rufen in einer kleinen, ebenfalls koaxial zum Lichtbogen angeordneten Hilfsspule mittelfrequente Schwingungen hervor, deren Frequenz nach oszillographischen Aufnahmen zwischen 1200 und 4000 Hz liegt. Die Verfasser glauben, daß das koaxiale magnetische Feld, besonders im Zusammenwirken mit einem gasförmigen Löschmittel (wie z. B. Wasserdampf), die Lichtbogenlöschung begünstigt. *Vs.*

Chemie.

DK 621.315.616.7

Über den Einfluß kautschukähnlicher Hochpolymerer auf die physikalischen Eigenschaften von Buna-Mischungen. [Nach P. Nowak und H. Hofmeier, Kautschuk 14 (1938) S. 193; 5 S., 14 Abb.]

Buna S und Perbunan[1]) sind synthetische Kautschuktypen, bei denen man in der chemischen Zusammensetzung bewußt vom Naturkautschuk abgewichen ist (Mischpolymerisate aus Butadien und Styrol bzw. Acrylsäurenitril), um Werkstoffe mit neuen Eigenschaften zu erhalten. Die Bunatypen erfordern deshalb auch eine besondere Verarbeitung, um die erwünschten Eigenschaften klar hervortreten zu lassen.

Es wurden zwei Reihen von Untersuchungen durchgeführt, in denen der Einfluß eines Zusatzes von Oppanol B, Oppanol C, Plexigum B und Plexigum D zu Buna-S- bzw. Perbunanmischungen untersucht wurde. Verwendung fand ein Buna S, das 90 min bei 130° C oxydativ erweicht worden war, und Perbunan im Anlieferungszustand. Die Grundmischungen ohne Zusätze waren 33proz. und entsprachen in ihren äußeren Eigenschaften etwa einer Kabelisolier- bzw. Mantelmischung. Buna S wurde als Isoliermischung ohne Rußzusatz verwendet; der Perbunanmantelmischung wurden 5,3 % Durex-Ruß zugesetzt. Die Versuchsmischungen wurden aus diesen beiden Grundmischungen dadurch abgeleitet, daß jeweils volumenmäßig ein Drittel des Buna durch den betreffenden Thermoplasten ersetzt wurde.

[1]) H. Roelig, ETZ 59 (1938) S. 172, ferner ETZ 59 (1938) S. 174.

Untersuchungen über die Plastizität der verschiedenen noch nicht vulkanisierten Mischungen im Plastographen von Brabender ergaben, daß die Mischungen mit Zusätzen leichter als die Grundmischung auf Walzen und Spritzmaschinen verarbeitet werden können. Die Zerreißfestigkeit und Bruchdehnung der Vulkanisate wurden in bekannter Weise im Anlieferungszustand, nach der VDE-mäßigen Alterung von 7 Tagen bei 70°, nach einer Alterung von 14 Tagen bei 100° und nach einer 7-tägigen Alterung bei 70° C und 21 atü Sauerstoff bestimmt.

Wie erwartet, zeigte sich, daß die Grundmischungen die höchsten mechanischen Werte besitzen, die aber für Hüllen von metallischen Leitern innerhalb gewisser Grenzen nicht von ausschlaggebender Bedeutung sind. Die Alterung bei 70° C zeigte nur geringfügige Veränderungen gegenüber dem Anlieferungszustand. Anders war es dagegen bei der 14-tägigen Alterung bei 100° C. Hier stieg in fast allen Fällen die Zugfestigkeit stark an unter gleichzeitigem mehr oder minder starkem Abfall der Bruchdehnung. Nur die Mischung, die Plexigum B als Zusatz enthielt, machte eine Ausnahme und zeigte einen geringeren Anstieg der Zugfestigkeit. Die Sauerstoffalterung, die 7 Tage bei 70° C uner 21 atü Sauerstoff durchgeführt wurde, brachte in keinem Falle wesentliche Veränderungen im Vergleich mit der VDE-Alterung. Es kann daraus geschlossen werden, daß die beobachteten Alterungserscheinungen nicht auf Oxydation beruhen, sondern temperaturbedingt sind. Bei Vergleich aller Ergebnisse ergibt sich, daß der dem Plexigum B zugrunde liegende Polyacrylsäureester besonders zum Aufbau temperatur- und alterungsbeständiger Perbunanmischungen geeignet ist. Perbunan-Plexigum-Mischungen zeigten nicht nur geringste Änderungen bei den Alterungsprüfungen, sondern auch, von der Grundmischung abgesehen, die besten Absolutwerte. Die Buna-S-Mischungen besaßen durchweg etwas niedrigere Absolutwerte als die Perbunanmischungen, vermutlich bedingt durch das Fehlen von Ruß.

Von wesentlicher Bedeutung für den Kabel- und Leitungsbau ist die Wärmedruckbeständigkeit. Von den Buna-S-Mischungen besaß die Grundmischung die beste Wärmedruckbeständigkeit; ihr folgten die Mischungen mit Zusätzen in der Reihenfolge: Plexigum B, Oppanol C und Oppanol B. Die Rückfederung nach der Entlastung war insbesondere bei der plexigum-B-haltigen Mischung recht groß, bei der der gleiche Endwert wie bei der Grundmischung erreicht wurde. Bei Perbunan-Mischungen wirkten sich die Zusätze auf die Wärmedruckbeständigkeit praktisch nicht aus. Für die Rückfederung gilt das oben gesagte.

Die Buna-S-Mischungen wurden durch Oppanolzusätze dielektrisch verbessert, allerdings weniger, als man auf Grund der guten dielektrischen Eigenschaften des Oppanols B vielleicht erhofft hatte. Plexigumzusätze verschlechterten wesentlich. Bei der Perbunan-Grundmischung, die als Isoliermischung nicht in Betracht kommt, waren die dielektrischen Verluste bereits so hoch, daß alle Zusätze verbessernd wirkten. Ein entsprechendes Verhalten wie die Verluste zeigten die spezifischen Isolationswiderstände.

Auch das chemische Verhalten wird beeinflußt. Die Ozonfestigkeit stieg zwar durch Zusätze von Oppanol oder Plexigum, wurde jedoch entsprechend dem kautschukähnlichen Charakter der Bunatypen keine absolute.

Die Ölbeständigkeit war stark von der Art des verwendeten Öles abhängig. Gegen Transformatorenöl bei 100° C ist Perbunan unvergleichlich beständiger als Buna S; Plexigum und Oppanol C wirkten verbessernd, Oppanol B verschlechternd. In Treiböl (Petroleum) zeigte sich wieder die hohe Ölbeständigkeit von Perbunan. Beide Grundmischungen wurden durch Plexigumzusätze verbessert, durch Oppanolzusätze verschlechtert. Gegen Teeröl zeigten sich beide Bunatypen weniger widerstandsfähig, so daß jeder Zusatz verbessernd wirkte.

Die Diffusionskonstante für Wasserdampf lag für alle Mischungen bei Raumtemperatur in der Größenordnung 10^{-8}.

Aus den Untersuchungen geht hervor, daß der Zusatz kautschukähnlicher Hochpolymerer ganz allgemein bei gleichzeitiger Verminderung der mechanischen Festigkeit Verbesserungen der Mischungen in der Verarbeitbarkeit und in der Ozonfestigkeit bewirkt. Für den Kabel- und Leitungsbau ergeben sich aus diesen orientierenden Untersuchungen folgende Schlüsse: Für Isoliermischungen kommen Buna-S-Mischungen mit Oppanolzusätzen in Betracht, während insbesondere für stärker wärmebeanspruchte Mantelmischungen Perbunan mit Plexigum vorzuziehen ist. *Pno.*

Allgemeiner Maschinenbau.

DK 621.315.616.96 : 621.822.5

Die Belastbarkeit von Kunstharz-Lagerschalen. [Nach E. Heidebrock, Masch.-Bau Betrieb 17 (1938) S. 445; 4 S., 10 Abb.]

In dem Aufsatz werden die grundsätzlichen Erkenntnisse über die Belastbarkeit dieser Lagerschalen[1]) erörtert. Die Leistungen, die denselben zugemutet werden dürfen, müssen unter Berücksichtigung der schlechten Wärmeleitfähigkeit bestimmt werden. Am schwierigsten liegen die Verhältnisse bei der Grenzreibung, bei welcher reine Flüssigkeitsreibung nicht zu erwarten ist. Der Einfluß der Lagerschale äußert sich in der Weise, daß bei einem engen Lagerspiel die Tragfähigkeit wächst, während bei größerem Lagerspiel die Tragfähigkeit abnimmt. Im gleichen Sinne wie die Vergrößerung des Lagerspieles wirkt die Verminderung der Zapfengeschwindigkeit. Der Temperaturverlauf in der Schmierschicht entspricht im allgemeinen dem Druckverlauf in der Ölschicht. Wenn nun bei größerem Lagerspiel ein enges und steiles Druckgebirge gebildet wird, so wird auch der Temperaturverlauf sehr steil und hoch sein. Das bedeutet jedoch eine örtliche Wärmestauung, die die Ursache für eine Zerstörung sein kann. Die eigentliche Lagerbelastung wirkt dabei nur mittelbar mit.

Bei Kunstharz-Lagerschalen mit Füllstoffen wirkt sich eine Quellfähigkeit sehr störend aus; daher ist großes Lagerspiel nötig. Die Quellung geht oft zurück und geht in Schrumpfung über, wodurch Lockerwerden der Buchse eintritt. Diese Schwierigkeiten lassen sich vermeiden, wenn die Kunstharzbuchse auf die Welle aufgebracht wird. Dann ist ungehinderter Wärmefluß in das Lagergehäuse möglich, und, da die Lagerbuchse dauernd von der heißen in die kalte Zone läuft, sie wird eine mittlere Durchschnittstemperatur annehmen. Die zahlreichen Versuchsreihen werden mit eingebauten Lagerschalen (Phenolharz mit Füllstoffen) durchgeführt. Die Versuche zeigen, daß die Belastungen so gewählt werden müssen, daß die Temperaturen bereits im Drehzahlbereich in den waagerechten Verlauf übergehen und dabei unter einer zulässigen Höchsttemperatur bleiben ($t \leqq 80°$). Interessant ist, daß einzelne Preßstoffe Belastungen bis 175 kg/cm² und darüber dauernd ausgehalten haben, selbst bei Temperaturen über 100°.

Eine zweite Gruppe von Versuchsreihen wurde mit Gießharz ohne Füllstoff durchgeführt (Resolgruppe). Die Buchsen sind gegossen und auf Maß gedreht. Sie haben eine glatte und spiegelnde Lauffläche und sind praktisch ohne Quell- und Schrumpfeigenschaften, d. h. im Öl formbeständig. Allerdings beginnt die Temperaturempfindlichkeit bereits bei 100°. Die Versuche ergaben eine um etwa ein Drittel kleinere Lagerreibungszahl μ als bei der ersten Gruppe. Dementsprechend liegen auch die Temperaturen niedriger. Die Entwicklung dieser Lagerschalen erscheint aussichtsreicher als der Versuch, durch Füllstoffe die Trag- oder Wärmeleitfähigkeit zu verbessern. *P. Bl.*

Werkstatt und Baustoffe.

DK 621.315.616.96 : 620.178.3

Die Dauerfestigkeit von Kunstharzpreßstoffen. [Nach A. Thum u. H. R. Jacobi, Masch.-Schad. 15 (1938) S. 85, 101, 148; 12 S., 35 Abb.]

In dem Aufsatz werden die Ergebnisse von Dauerbiege-, Ursprungszug- und Wechselverdrehversuchen an verschiedenen Kunstharzpreßstoffen (Typ S, T_2, T_3, Z_1, Z_3, Preßharz) mitgeteilt. A. Thum und H. R. Jacobi zeigen, daß die Dauerfestigkeit von der Art des Harzträgers und den Herstellungsbedingungen weitgehend beeinflußt wird. Sehr gleichmäßige Festigkeitswerte liefern solche Probestäbe, die einen gleichartigen Aufbau besitzen und bei denen auf eine genaue Einhaltung der richtigen Preßtemperatur und Aushärtezeit geachtet wird.

Die Ergebnisse der Dauerversuche, die ebenso wie die statischen Versuche mit einem in der Meßstrecke 25 mm breiten, dem Zerreißstab nach DIN 7701 ähnlichen gepreßten Flachstab[2]) durchgeführt worden sind, läßt Zahlentafel 1, die gegenüber der des Originalaufsatzes durch einige neuere Versuchswerte erweitert ist, erkennen.

Die Grenzlastspielzahl, bei der die Dauerfestigkeit erreicht ist, liegt bei den Kunstharzpreßstoffen aller Wahrscheinlichkeit nach oberhalb 100 Mill Lastspielen (Last-

[1]) F. Armbruster, ETZ 56 (1935) S. 289; ferner 58 (1937) S. 181.
[2]) Vgl. Z. VDI 81 (1937) S. 868.

Zahlentafel 1. Aufbau und Eigenschaften verschiedener Kunstharzpreßstoffe.

Typ	Aufbau	Herstellungsbedingungen: Preßdruck kg/cm²	Herstellungsbedingungen: Preßtemperatur °C	Herstellungsbedingungen: Preßzeit min	Harzgehalt Gew.-%	Prüfstabdicke mm	Wichte g/cm³	Elastizitätszahl (für Biegung) kg/cm²	Gleitzahl kg/cm²
S/W*)	Phenolharz mit feinkörnigem Holzmehl	650	160	10	40	8	1,37	$0{,}75 \cdot 10^5$	$2{,}5 \cdot 10^4$
T_2/W*) T_2/C*)	Phenolharz mit geschnitzeltem Textilgewebe	650	160	12	40	8	1,39	$0{,}75 \pm 0{,}05 \cdot 10^5$	—
Z_1/W*)	Phenolharz mit Zellstoffflocken	650	160	12	40	8	1,38	$0{,}75 \cdot 10^5$	—
Preßharz	reines Phenolharz	1000	155	13	100	8	1,27	$0{,}6 \cdot 10^5$	—
T_3/C*)	Phenolharz mit Textilgewebebahnen	650	160	12	40	8	1,30	$0{,}8 \cdot 10^5$	—
Z_2/B*)	Phenolharz mit langen Baumwollpapierfasern	1000	160	12	37 … 38	8	1,4	$1{,}35 \cdot 10^5$	—
Z_3/W*)	Phenolharz mit langen Zellstoffasern (geschichtete Pappebahnen)	1000	160	8	40	3,8	1,4	$1{,}0 \cdots 1{,}1 \cdot 10^5$	$6{,}0 \cdot 10^4$
		1000		12		8			$3{,}65 \cdot 10^4$
		1150		20		12			$2{,}8 \cdot 10^4$
Z_3/C*)	Phenolharz mit langen Zellstoffasern (geschichtete Zellulosebahnen)	500	160	12	40	8	1,4	$1{,}1 \cdot 10^5$	—

*) Die willkürlich gewählten Buchstaben B, C, W kennzeichnen die Herstellerwerke.

(Seitliche Fortsetzung der Zahlentafel 1.)

Typ	Druckfestigkeit[1]) kg/cm² ∥ zur Faser	Druckfestigkeit[1]) kg/cm² ⊥ zur Faser	Zugfestigkeit kg/cm²	Zugursprungsfestigkeit kg/cm² $20 \cdot 10^6$	Biegefestigkeit kg/cm²	Biegewechselbeanspruchung kg/cm²: Zeitfestigkeit $0{,}01 \cdot 10^6$ ungebohrt	Zeitfestigkeit $0{,}01 \cdot 10^6$ quergebohrt	Dauerfestigkeit $20 \cdot 10^6$ ungebohrt	Dauerfestigkeit $20 \cdot 10^6$ quergebohrt	Verdrehfestigkeit kg/cm² τ[3])	Verdrehfestigkeit kg/cm² τ'[4])	Verdrehwechselfestigkeit kg/cm² $50 \cdot 10^6$ τ_D[3])	τ'_D[4])	Dauerbiegefestigkeit / Biegefestigkeit	Ursprungszugfestigkeit / Zugfestigkeit	Verdrehwechselfestigkeit / Verdrehfestigkeit
S/W	2550		410	140 ± 140 130 ± 130[2])	750	450	315	255 230[2])	170	680	—	175	—	0,34	0,67	0,26
T_2/W T_2/C	1750 bis 1850	2600 bis 2700	375 bis 425	—	450 bis 650	—	—	200 bis 290	200 bis 290	—	—	—	—	im Mittel 0,45	—	—
Z_1/W	1625 … 2125		—	—	500 bis 650	—	—	140[5]) 180[6])	130[5]) 170[6])	—	—	—	—	im Mittel 0,28	—	—
Preßharz	2800		600	—	1050	335	235	320	230	835	—	—	—	0,31	—	—
T_3/C	2050	2625	700	—	1275	465	555	305	240	—	—	—	—	0,24	—	—
Z_2/B	1300	2800	770	245 ± 245	1150	570	655	360 280[2])	305	—	—	—	—	0,31	0,64	—
Z_3/W	1350	2800	—	—	—	—	—	—	—	—	900	—	200	—	—	0,22
			900	262,5 ± 262,5 210 ± 210[2])	1325	570	655	360	305	—	550	—	120	0,27	0,58	0,22
			—	—	—	—	—	—	—	—	420	—	95	—	—	0,23
Z_3/C	1900	3325	1100	277,5 ± 277,5	1500	655	rd. 850	380	345	—	—	—	—	0,25	0,51	—

[1]) Ermittelt am Würfel von 10 mm Kantenlänge. — [2]) 50% Harzgehalt. — [3]) Bezogen auf Flachstab-Breitseite.
[4]) Bezogen auf Flachstab-Schmalseite.— [5]) Grobe Zellstoffflocken. — [6]) Feine Zellstoffflocken.

perioden). Doch gehen die Wöhlerkurven bei Biege- und Zugbeanspruchung bereits unterhalb $20 \cdot 10^6$, bei Verdrehbeanspruchung bei etwa $50 \cdot 10^6$ Lastspielen nahezu in eine Waagerechte über, so daß danach die Dauerfestigkeit als praktisch erreicht angesehen werden kann. In der Zahlentafel sind außerdem die auf 10 000 Lastspielen bezogenen Zeitfestigkeitswerte angegeben. Dabei fällt besonders auf, daß die quergebohrten Flachstäbe aus Faserpreßstoff (Typ T_3, Z_3) höhere Zeitfestigkeitswerte besitzen als die ungebohrten Stäbe. Aus der Zahlentafel ist auch der Einfluß des Harzgehaltes zu entnehmen. Erhöhter Harzgehalt erniedrigt sowohl bei den Dauerbiegeversuchen als auch bei den Ursprungszugversuchen die Festigkeit.

Die höhere Dauerfestigkeit der langfaserigen Preßstoffe vom Typ T_3 und Z_3 gegenüber den kurzfaserigen Preßstoffen vom Typ T_2 und Z_1 und dem Typ S ist durch die zusammenhängenden Fasern bedingt, die größere Zugspannungen aufnehmen können als das Harz. Die geringen Unterschiede in den Dauerbiegefestigkeiten der Typen T_3 und Z_3 gegenüber dem reinen Preßharz lassen sich damit erklären, daß durch die langdauernde Wechselbeanspruchung das den Füllstoff einhüllende Harz zerrüttet wird, wobei die eingebetteten Fasern zerscheuert und dadurch überbeansprucht werden. Der Typ T_2 besitzt wegen seines sehr inhomogenen Gefüges im Gegensatz zu den übrigen untersuchten Preßstoffen keine eindeutige Dauerbiegefestigkeit.

Dauerverdrehversuche ergeben, daß bei Stäben von 8 mm Dicke die Wechseltorsionsfestigkeit des Typs S höher liegt als die des Typs Z_3, der in der Schichtrichtung nur geringe Schubspannungen übertragen kann und deshalb leicht aufspaltet. Die statische Verdrehfestigkeit und Wechselverdrehfestigkeit des Typs Z_3 hängt auch von der Prüfstabdicke ab, da Versuche ergeben haben, daß ein 4 mm dicker Stab eine höhere Torsionsfestigkeit aufweist als ein 12 mm dicker Stab.

An Hand zahlreicher Bilder wird gezeigt, daß sich die Dauerbruch- und Gewaltbruchflächen bei allen untersuchten Typen und bei allen Beanspruchungsarten mehr oder weniger gut voneinander abheben, wobei meistens deutliche Farbunterschiede wahrzunehmen sind. *Vb.*

AUS LETZTER ZEIT.

Die 5000. elektrische Lokomotive. — Am 15. 12. 1938 übernahm im Rahmen einer Feier die Deutsche Reichsbahn die 5000. elektrische Lokomotive (Reihe E 19), die in der AEG-Lokomotivfabrik Hennigsdorf erbaut wurde. Diese 1. Lokomotive der Reihe E 19 hat die Bauform 1'Do 1' mit 1600 mm Treibraddurchmesser. Sie ist mit 4 Motoren von je 920 kW ausgerüstet. Kurzzeitig können diese Motoren bis 5900 kW überlastet werden. Der Zweck dieser höheren Leistung gegenüber der der Lokomotiven der Reihe E 18 ist, wie Direktor Kleinow ausführte, die Erzielung einer höheren Reisegeschwindigkeit, wobei die Höchstgeschwindigkeit versuchsweise möglichst auf 225 km/h kommen soll.

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH.

Die elektrische Energiewirtschaft in Frankreich.

621.311.003.1(44)

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Energie.

Die elektrische Energiewirtschaft in Frankreich wird von der Tatsache beeinflußt, daß Kohlevorkommen gering sind und den Bedarf des Landes nicht decken. So mußte Frankreich im Jahre 1937 rd. 30 Mill t Kohle und 3 Mill t Petroleum einführen. Man ist deshalb bemüht, die in Frankreich reichlich vorhandenen Wasserkräfte auszubauen. Frankreich besitzt etwa 4,70 Mill kVA ausbaufähige Wasserkräfte, von denen 1936 3,74 Mill kVA ausgebaut waren. Die Zahlentafel 1 besagt, daß bei steigendem Energiebedarf die Wasserkraftwerke im Jahre 1935 erstmalig mehr elektrische Arbeit erzeugten als die Dampfkraftwerke. Im Jahre 1936 und nach bisherigen Schätzungen[1]) im Jahre 1937 hat sich dieser Abstand noch vergrößert. Die installierte Leistung der Wärmekraftwerke betrug 1936 7,42 Mill kVA bei einer Erzeugung von 7,72 Mill kWh. Die Benutzungsdauer der Wärmekraftwerke ist also niedrig.

Die Stromversorgung von Paris.

In diesem Zusammenhang ist die Stromversorgung der Hauptstadt des Landes besonders interessant[2]). Paris wird in steigendem Maße mit aus Wasserkraft erzeugter Energie versorgt (Zahlentafel 2).

Zahlentafel 2. Menge und Herkunft der in Paris verbrauchten Kilowattstunden in Millionen.

	1927	1936
durch Dampfkraftwerke	1580	1700
durch Wasserkraftwerke	20	950
zusammen	1600	2650

Der Anteil der durch Dampfkraftwerke erzeugten elektrischen Energie ist also vom Jahre 1927 bis zum Jahre 1936 von 99 auf 64 % gesunken, während umgekehrt der Verbrauch der elektrischen Energie aus Wasserkraft von 1 % im Jahre 1927 auf 36 % im Jahre 1936 gestiegen ist.

Zahlentafel 1*).

	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936
Bevölkerung in 1000	40 610	40 870	40 940	41 050	41 230	41 610	41 860	41 840	41 880	41 940	41 940	41 508
erzeugte kWh (Mill)												
Wärmekraftwerke	6 222	6 525	6 331	7 378	8 210	8 463	8 381	7 708	8 241	7 977	7 654	7 823
Wasserkraftwerke	4 000	4 743	5 057	5 598	6 142	6 876	5 851	5 884	6 665	7 195	8 164	8 836
Zusammen	10 222	11 268	11 388	12 976	14 352	15 339	14 232	13 592	14 906	15 172	15 818	16 659
eingeführte kWh (Mill)	307	396	467	510	606	536	608	630	597	581	560	621
Zusammen	10 529	11 664	11 855	13 486	14 958	15 875	14 840	14 222	15 485	15 753	16 378	17 280
ausgeführte kWh (Mill)	40	56	61	75	123	101	97	96	70	84	91	101
zur Verfügung stehende kWh (Mill)	10 489	11 608	11 794	13 411	14 835	15 774	14 743	14 126	15 415	15 669	16 287	17 179
verbrauchte kWh (Mill)												
chemische Industrie	1 850	2 102	2 164	2 637	2 874	2 934	2 232	1 854	2 162	2 188	2 240	2 502
andere Zwecke:												
über das Landesnetz	5 100	5 735	5 746	6 738	7 497	7 806	7 669	7 479	8 003	8 270	8 242	8 950
ohne Verteilungsnetz	2 010	2 139	2 222	2 323	2 410	2 895	2 807	2 483	2 605	2 531	2 946	2 915
zusammen	8 960	9 976	10 132	11 698	12 781	13 635	12 708	11 816	12 770	12 989	13 428	14 367
Verluste in den Übertragungsmitteln	1 529	1 632	1 662	1 713	2 054	2 139	2 035	2 310	2 645	2 680	2 859	2 812
kWh je Einwohner	225	244	247	284	309	327	303	282	304	309	320	346

* Électricité 22 (1938) S. 186.

Der Zahlentafel 1 ist ferner zu entnehmen, daß Frankreich einen im Gegensatz zu Deutschland niedrigen Stromverbrauch aufweist. Es kamen im Jahre 1936 auf den Einwohner 346 kWh (in Deutschland über 600 kWh). Der Aufschwung, den die Industrie fast aller Länder in den Jahren 1933/1934 gemacht hat, hat sich also in Frankreich lange nicht in diesem Maße eingestellt, wie aus den Energieerzeugungszahlen der Zahlentafel 1 zu ersehen ist.

Das Bestreben, die Wasserkräfte möglichst für die Energieversorgung des Landes heranzuziehen, hat frühzeitig zu einem ausgedehnten Hochspannungsnetz geführt, da die Wasserkräfte sich hauptsächlich im Süden, dem Massiv Central und den Alpen, und im Osten am Rhein befinden (Abb. 1). Alle Elektrizitätswerke, öffentliche und auch eigene, arbeiten auf ein weit verzweigtes Landesnetz, denn die Industriekraftwerke sind verpflichtet, auch für öffentliche Zwecke Strom abzugeben. Solche Kraftwerke mittlerer Leistung befinden sich im Norden Frankreichs, dem hauptsächlichsten Kohlevorkommen, im Westen im ehemaligen Lothringen (Eisenerzvorkommen) und im Süden Frankreichs in den Departements Loire und Haute Loire, dem Hauptsitz der Schwerindustrie.

Von den Wasserkraftwerken des Massiv Central kamen im Jahre 1936 700 Mill kWh, von den Alpen 80 Mill kWh und vom Rhein (Kembs) 170 Mill kWh.

Die Stromversorgung von Paris haben heute zwei Gesellschaften inne, die ein 60 kV-Kabelnetz betreiben; es sind dies die Union d'Électricité (UDE) und die Société d'Électricité de Paris mit der angegliederten Gesellschaft, der L'Électricité de la Seine (SEPS). Diese Gesellschaften unterhalten 7 Wärmekraftwerke:

Genevilliers	220 000 kW
Arrighi	200 000 „
St. Denis I	60 000 „
St. Denis II	150 000 „
Ivry	60 000 „
St. Ouen	250 000 „
Issy	130 000 „

Außerdem sind noch 4 Müllverbrennungs-Kraftwerke mit zusammen 10 000 kW vorhanden.

Wie aus der Abb. 2 hervorgeht, ist Paris über den Umspannpunkt Chevilly mit 2 Hochspannungsleitungen

[1]) ETZ 59 (1938) S. 451.

[2]) J. Dumas, Génie civ. 120 (1938) S. 29.

(220 kV) und 2 Leitungen mit je 90 kV mit dem Massiv Central verbunden. Diese Leitungen stellen in Chevilly 130 000 kW zur Verfügung. Beim Dampfkraftwerk St. Denis werden 70 000 kW der Wasserkraftenergie des Rheins und der Alpen über eine 220 kV-Hochspannungsleitung bereitgestellt. Die Lastverteilung wird durch 3 Warten bewerkstelligt, und zwar befindet sich eine in dem Kraftwerk St. Denis II, die die Last der Kraftwerke St. Denis I, St. Denis II und Ivry regelt; die beiden anderen Warten in der Rue de Messine verteilen die Last der Kraftwerke Genevilliers, Arrighi, St.-Ouen und Issy, bzw. die zugeleitete Wasserkraftenergie.

Da die Paris zugeleitete elektrische Energie aus den Wasserkräften des Landes einen immer erheblicheren Anteil des Gesamtverbrauchs der Hauptstadt ausmacht — im Frühjahr 1937 betrug z. B. die nach Paris gelieferte Wasserkraftenergie 63 % des Gesamtverbrauchs —, so wirkt sich diese Tatsache preislich dahin aus, daß die aus den Dampfkraftwerken erzeugte Energie erheblich teurer zu stehen kommt, da die Benutzungsdauer dieser Werke ständig sinkt. Diese übernehmen heute teilweise nur noch die Spitzenlasten, müssen aber trotzdem dauernd in Betrieb gehalten werden, falls die Zuleitung unterbrochen ist.

Zukünftige Aufgaben.

Entsprechend der Zielsetzung, die Wasserkräfte des Landes noch mehr zur Energieversorgung heranzuziehen, befinden sich augenblicklich mehrere Wasserkraftwerke im Bau, und zwar

	zukünftige Erzeugung in Mill kWh
Génissiat (Rhône)	1800
Aigle (Dordogne)	450
Chavanon (Dordogne)	134
Portillon d'Or (Pyrenäen)	60

Das Werk Génissiat, das das bedeutendste Bauvorhaben darstellt, ist an dieser Stelle bereits beschrieben worden[3]). Das Werk bei Aigle an der mittleren Dordogne ist Mitte Juli 1938 vom früheren Arbeitsminister, M. Frossard, eingeweiht worden, es wird aber wahrscheinlich vor 1943 nicht fertig werden. Schritt für Schritt mit diesem Neuausbau der Wasserkräfte geht die Vervollständigung des Landesnetzes.

Im Sommer vorigen Jahres wurde eine Gesellschaft mit einem Kapital von 7 Mill RM gegründet, die zunächst Obligationen in Höhe von 34 Mill RM herausgegeben hat, um die Finanzierung der ersten Bauvorhaben sicherzustellen. An dieser Gesellschaft sind sämtliche Elektrizitätsgesellschaften des Landes beteiligt, und zwar erhalten diese vom Staat Zinsverbilligungszuschüsse für die nächsten 7 Jahre in Höhe von je 2,05 Mill RM. Bis 1945 sollen 960 Mill RM aufgebracht werden, um die Elektrisierungspläne durchzuführen. Der Staat hat sich durch die Vergünstigungen, die er während dieser Zeit gewährt, die planmäßige Leitung der Arbeiten gesichert. *s.*

Abb. 1. Das Hochspannungsnetz in Frankreich.

Abb. 2. Die Stromversorgung von Paris.

[3]) ETZ 59 (1938) S. 295.

Auskunftsstellen der deutschen Wirtschaft 1939. — Der Ausstellungs- und Messe-Ausschuß der Deutschen Wirtschaft wird im Jahre 1939 außer den Auskunftsstellen auf den Messen in Tripolis, Brüssel, Utrecht, Zagreb, Plovdiv, Mailand und Posen zum ersten Male eine französische und eine finnische Messe in sein Arbeitsgebiet einbeziehen. Auf beiden Messen — Lyon sowie Helsinki — wird der Auskunftsdienst in der amtlichen deutschen Abteilung durchgeführt. Nachdem die Herbstmesse in Belgrad schon zweimal einen deutschen Auskunftsstand beherbergt hatte, wird nun auch die Frühjahrsmesse beschickt werden. Während sich die als Auskunftsstellen mit Prospektverteilung in Erscheinung tretende Gemeinschaftswerbung bisher mit Lemberg und Belgrad, Bari, Thessaloniki und Utrecht auf europäische Messen beschränkte, erstreckt sich die Arbeit in diesem Jahr zum ersten Male auch auf Asien — Izmir (Smyrna) —, eine Messe, die den großen deutschen Exportfirmen nicht unbekannt geblieben ist und die sich in stetigem Ausbau befindet. Besondere Bedeutung hat der jugoslawische Markt. Deshalb erhalten wie im Frühjahr so auch im Herbst die beiden Messen Belgrad und Zagreb deutsche Auskunftsstellen.

DK 621.311.22–66.003.1

Entwicklung des Brennstoffeinsatzes der öffentlichen Elektrizitätsversorgung. [Nach Regul, Glückauf 74 (1938) S. 837 u. 856; 3 Abb.]

Der Verbrauch von elektrischem Strom hat von 1926 bis 1937 im Jahresdurchschnitt um 8,4% zugenommen; er hat sich mehr als doppelt so rasch erhöht, wie der gesamte Energieverbrauch (Kohle, Gas, Strom, Mineralöl) gestiegen ist. In den letzten fünf Jahren betrug die jährliche Zunahme der Stromerzeugung zwischen 15 und 20%. Selbst wenn man annimmt, daß der Strombedarf in den kommenden Jahren nur mit der gleichen Geschwindigkeit wachsen würde wie von 1926 bis 1937, so käme man für 1943 bereits auf eine Zahl von über 70 Mrd kWh. Wahrscheinlich wird jedoch der Stromverbrauch dann in einer Größenordnung von mehr als 100 Mrd kWh liegen. Bei solch sprunghafter Entwicklung des Strombedarfs ist der Kohleneinsatz für die Stromerzeugung im Hinblick auf deren Wirtschaftlichkeit und die benötigten Kohlenmengen von Bedeutung.

Der Brennstoffverbrauch je Leistungseinheit hängt von der allgemeinen Entwicklung der Wärmetechnik ab. In der Nachkriegszeit bis etwa gegen Ende 1927/28 hat die Entwicklung der Wärmewirtschaft und Wärmetechnik auf allen Gebieten ungewöhnlich rasche Fortschritte gemacht. Die in den ersten Nachkriegsjahren herrschende Kohlenknappheit und die dadurch bedingte Überhöhung der Kohlenpreise hatten fast überall eine Fülle von Maßnahmen hervorgerufen, die darauf hinausliefen, den für den einzelnen Betrieb erforderlichen Brennstoffaufwand zu verringern.

So konnte im Vergleich der Jahre 1913 und 1930 der Kohleeinsatz der Elektrizitätswerke von etwa 10 000 kcal/kWh auf 5000 bis 5200 kcal/kWh zurückgeschraubt werden. In der Krise und ebenso im Aufschwung seit 1933 ist es um den wärmewirtschaftlichen Fortschritt ruhiger geworden. Der Druck der Kohlenknappheit, der in der ersten Nachkriegszeit bestanden hatte, war in den Krisenjahren einem Überangebot von Kohle gewichen; der Zwang zur Brennstoffeinsparung unter allen Umständen fiel fort. Hinzu kommt, daß auch die technische Entwicklung in den vergangenen Jahren nur noch langsame Fortschritte gemacht hat. Gleichwohl stand auch in diesen Jahren die wärmewirtschaftliche Entwicklung nicht still, sondern die in den ersten Nachkriegsjahren angebahnte Entwicklung hat sich im ganzen fortgesetzt.

Die wärmewirtschaftliche Entwicklung in den Elektrizitätswerken verlief während der vergangenen Jahre im ganzen rascher und gleichmäßiger als in der Industrie, überdies ist die Verminderung des Kohleeinsatzes bei der Stromerzeugung (Zahlentafel 1) uneingeschränkt als wärmewirtschaftlicher Fortschritt anzusehen.

Zahlentafel 1. Kohleverbrauch der öffentlichen Elektrizitätswerke.

Jahr	Kohleversand — 15% Mrd kcal	Stromerzeugung Mill kWh	Kohleeinsatz kcal/kWh
	Steinkohle		
1926	21 591	3 851	5 600
1928	30 326	5 542	5 470
1930	27 501	5 561	4 940
1932	19 325	4 333	4 460
1933	19 393	4 573	4 240
1934	24 228	5 401	4 490
1935	27 482	6 303	4 360
1936	31 163	7 219	4 320
1937	38 925	8 803	4 420
	Braunkohle		
1926	28 702	4 113	7 000
1928	37 868	6 057	6 250
1930	40 352	7 489	5 390
1932	29 097	6 116	4 760
1933	32 583	7 019	4 640
1934	41 236	8 624	4 780
1935	45 710	9 614	4 750
1936	51 586	11 170	4 620
1937	59 920	13 247	4 520
	Feste Brennstoffe zusammen		
1926	50 236	8 127	6 180
1928	68 125	11 797	5 770
1930	67 681	13 203	5 130
1932	48 192	10 474	4 600
1933	51 897	11 607	4 460
1934	65 267	14 034	4 650
1935	72 961	15 918	4 580
1936	82 581	18 389	4 490
1937	98 845	22 050	4 480

Um eine bestimmte Menge Strom zu erzeugen, wurden im Jahre 1937 rd. 27% weniger Kohle benötigt als 1926 und 22% weniger als 1928. Der Kohleeinsatz in der Industrie ging in dieser Zeit nur um 8 bzw. 17% zurück. Da der Brennstoffverbrauch der öffentlichen Elektrizitätswerke 1937 rd. 14 Mill t Steinkohleeinheiten betrug, macht die Brennstoffersparnis gegenüber 1928 rd. 3 Mill t aus. Hierbei handelt es sich um Ersparnisse durch verbesserte Wärmewirtschaft im eigentlichen Sinne, da hier nur die Stromerzeugung aus festen Brennstoffen berücksichtigt worden ist. Der wärmewirtschaftliche Fortschritt vollzieht sich ferner in der Stromerzeugung gleichmäßiger als in der Industrie und wird von Konjunkturschwankungen wenig beeinflußt. Abgesehen von der starken Erhöhung des Kohleeinsatzes im Jahre 1934, die sich ohne Einzeluntersuchungen nicht erklären läßt, aber zum Teil wohl auf statistisch-technische Faktoren zurückzuführen ist, hat sich die Verringerung des Brennstoffeinsatzes verhältnismäßig stetig über alle Jahre hinweg fortgesetzt. Ähnlich wie in der Industrie ist jedoch auch hier der Entwicklungsprozeß in den beiden letzten Jahren langsamer geworden.

Die wärmewirtschaftliche Entwicklung ist nicht allein und nicht einmal in erster Linie vom technischen Fortschritt, sondern von ertragswirtschaftlichen Voraussetzungen abhängig. Die entscheidende Frage, die sich der Betriebsleiter vor Inangriffnahme wärmewirtschaftlicher Verbesserungen stellen muß, lautet: Wieviel kosten die zusätzlichen Investierungen, um 1% Brennstoffersparnis zu erzielen, und wie hoch dürfen diese Kosten unter Berücksichtigung der gegebenen betrieblichen Verhältnisse sein. Für die Beantwortung dieser Frage sind maßgebend: 1. die Brennstoffkosten, 2. die Ausnutzung der Energieanlagen und 3. die Kapitalkosten.

Zur Nedden, der die Frage des Wertes der Wärmeersparnis bei den öffentlichen Elektrizitätswerken eingehend untersucht hat, kommt in seinen Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß der gegenwärtige Kapitalgegenwert von 1% Brennstoffersparnis etwa ein Zehntel des Gesamtanlagenwertes von Elektrizitätswerken (einschl. Verteilung) ausmacht; das bedeutet also, daß 1% Ersparnis an den Anlagekosten zehnmal so einträglich ist wie 1% Brennstoffersparnis.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß in Zukunft weder von der technischen noch von der wirtschaftlichen Seite wesentliche wärmewirtschaftliche Fortschritte erzielt werden dürften, die zu einer ins Gewicht fallenden Verminderung des Brennstoffaufwandes je erzeugte kWh führen könnten. Das gilt sowohl für die öffentlichen Elektrizitätswerke wie für die Eigenkraftanlagen auf der Kohlegrundlage. Außerdem darf auch nicht übersehen werden, daß Ersparnisse im allgemeinen höchstens bei der Deckung des zusätzlichen Strombedarfs durch neue Anlagen erzielbar sind, da nur bei diesen der neueste Stand der Wärmetechnik ausgenutzt werden und sich günstig auswirken kann. *Plh.*

DK 621.365.45 : 643.33

Bedeutende Steigerung der Zahl elektrisch kochender Familien in Holland. [Nach Economisch Technisch Tijdschrift 18 (1938) S. 81; 1/2 S.]

Durch das Zentralbüro der Vereinigung der Direktoren der Elektrizitätsbetriebe in Holland wird jedes Jahr eine Zusammenstellung über die Verbreitung des elektrischen Kochens herausgegeben. Als letztes Ergebnis, festgestellt am 1. Januar 1938, kochten in Holland etwa 34000 Familien elektrisch. Wie die Steigerung von 1933 bis 1937 fortgeschritten ist, zeigt Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1.

31. Dezember	Gesamtzahl der elektrisch kochenden Familien	Zunahme gegenüber d. vor. Jahr	
		absolut	in %
1933	9 111	—	—
1934	13 521	4 410	48,4
1935	20 161	6 640	49,0
1936	26 197	6 036	29,9
1937	33 890	7 693	29,4

Kps.

Nachrichten aus der Industrie. — Die Ideal Werke Aktiengesellschaft für drahtlose Telephonie ist umgewandelt und umbenannt worden in Blaupunkt-Werke G. m. b. H. Das Grundkapital ist gleichzeitig um 2,5 Mill RM auf 10 Mill RM erhöht worden.

STATISTISCHE MITTEILUNGEN.

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Elektrotechnische Erzeugung der Niederlande. — Die elektrotechnische Erzeugung der Niederlande — soweit dieselbe amtlich ausgewiesen wird (vgl. Fußnote 1 zu Zahlentafel 1) — steigt seit 1933 — von einem kleinen Rückgang im Jahre 1936 abgesehen — wieder stetig an und hat 1937 einen Wert von 28 Mill RM erreicht. Die Zunahme im Jahre 1937 betrug 30%. Trotz aller Bemühungen konnten jedoch die Erzeugungszahlen des Bestjahres vor der Krise bei weitem noch nicht erreicht werden. An 1929 gemessen, wurde die Erzeugungskapazität nur zu 65% ausgenutzt. Die allgemein zu beobachtende Tendenz, aus dem durch die Krise bedingten Rückgang der Erzeugung möglichst schnell herauszukommen, findet in besonderem Maße bei der Warengruppe: „Elektrische Zähler, Schaltapparate, Widerstände, elektrische Heizapparate" ihren Ausdruck. Blieb der Herstellungswert der gesamten elektrotechnischen Erzeugung 1937 noch um 35% unter dem Wert von 1929, so bezifferte sich der Satz bei der genannten Warengruppe auf 23%. Die in der Gruppe: „Turbogeneratoren, Dynamos, rotierende Umformer, Gleichrichter, Transformatoren, Elektromotoren" zusammengefaßten Erzeugnisse konnten erst 1937 wieder den in dem Vorkrisenjahr 1932 innegehabten Herstellungswert erzielen. Staubsauger werden seit 1935 mit fast gleichem Erzeugungswert (2,4 Mill RM) ausgewiesen. Der im Jahre 1932 begonnene Beschäftigungsanstieg (Zahlentafel 2) hat sich 1937 in verstärktem Maße fortgesetzt, so daß im Berichtsjahr der Beschäftigtenhöchststand von 1929 um 6% überschritten werden konnte.

Zahlentafel 1. Die elektrotechnische Erzeugung[1]) der Niederlande (Werte in 1000 RM).

Warengruppen	1929	1931	1933	1935	1936	1937
Turbogeneratoren, Dynamos, rotierende Umformer, Gleichrichter, Transformatoren, Elektromotoren	18 377	11 770	6 522	6 372	5 801	7 947
elektrische Zähler, Schaltapparate, Widerstände, elektrische Heizapparate	13 790	10 584	7 677	6 720	6 969	10 565
Staubsauger	.	.	.	2 369	2 426	2 409
übriges	11 040	4 945	3 993	6 657	6 409	7 082
insgesamt	43 207	27 299	18 192	22 118	21 605	28 003

[1]) Die amtlichen Erhebungen der Niederlande erstrecken sich nur auf einen Teil der elektrotechnischen Erzeugung. Außerhalb der Erfassung bleiben drahtlose Telephonie und Telegraphie, isolierte Drähte und Kabel, Akkumulatoren und Elemente. Desgleichen unterliegt nicht der amtlichen Erhebung die Glühlampenfabrikation, die allein schon den oben angegebenen Produktionswert übertrifft.

Zahlentafel 2. Beschäftigte Personen.

	1929	1931	1933	1935	1936	1937
Arbeiter	4 861	3 835	2 801	3 338	3 637	5 127
Angestellte	1 230	1 130	915	1 044	1 108	1 326
insgesamt	6 091	4 965	3 716	4 382	4 745	6 453

Quelle: Maandschrift van het Centraalbureau voor de Statistiek, 's Gravenhage.

Steigende elektrotechnische Erzeugung in Schweden. — Nach dem Konjunkturtief des Jahres 1932 hat sich die elektrotechnische Erzeugung Schwedens sehr schnell wieder erholt. Nach den nunmehr statistisch vorliegenden Zahlen für das Jahr 1936 belief sich der Gesamtwert der elektrotechnischen Erzeugung auf rd. 180 Mill RM (Zahlentafel 1). Die Steigerung gegenüber dem Krisentief 1932 bezifferte sich auf 47% und die Zuwachsrate von 1935 auf 1936 auf 10%. Die Aufgliederung der Erzeugung nach Warengruppen zeigt, daß Generatoren, Motoren und Transformatoren wertmäßig an erster Stelle stehen. Es folgen sodann isolierte Drähte und Kabel sowie Rundfunkgeräte. Gerade die Rundfunkindustrie hat nicht nur den durch die Krise hervorgerufenen Erzeugungsrückgang am leichtesten überwunden, sondern vor allem an dem seit 1933 zu verzeichnenden Anstieg den größten Anteil gehabt. Betrug der Wert der hergestellten Rundfunkgeräte im Jahre 1932 10,3 Mill RM, das sind 9% des Gesamterzeugungswertes, so belief sich die Vergleichszahl 1936 auf 23,6 Mill RM, das sind 13% des Gesamterzeugungswertes. An der vermehrten Herstellung elektrotechnischer Erzeugnisse haben die Glühlampen fast keinen Anteil gehabt, deren Erzeugungswert sich seit Jahren auf einer verhältnismäßig gleichbleibenden Höhe hält. Staubsauger sowie Dynamobürsten und Kohleelektroden wurden 1936 in wesentlich geringerem Umfange als in den Vorjahren hergestellt. Die in der Zahlentafel 1 gezeigte Entwicklung der Elektroerzeugung Schwedens gibt einen ziemlich genauen Überblick über die beachtliche Zunahme der Herstellung von elektrotechnischen Maschinen und Geräten, da die seit der Währungsentwertung veränderte Binnenkaufkraft gebührend berücksichtigt wurde. Die gesteigerte Erzeugung ließ sich nicht nur durch eine erhöhte Verwendung von Maschinen ermöglichen, sondern es war auch notwendig, eine größere Anzahl von Arbeitern und Angestellten in den Arbeitsprozeß einzuschalten (Zahlentafel 2).

Zahlentafel 1. Elektrotechnische Erzeugung Schwedens.

Warengruppen	1933	1934	1935	1936
	1000 Reichsmark[1])			
Generatoren, Motoren, Transformatoren, Umformer u. dgl.	25 972	29 661	36 561	41 793
Schalttafeln, Widerstände, Stromschalter u. dgl.	9 915	11 463	13 978	18 149
Akkumulatoren u. Elemente	6 047	7 182	8 608	8 643
isolierte Drähte und Kabel	23 423	24 528	28 913	31 894
Fernsprech- u. Telegraphenapp. einschl. Zubehör, Zähler u. Meßinstrumente	18 091	14 810	19 376	23 157
Rundfunkgeräte u. -materialien	11 822	18 388	22 289	23 650
Glühlampen	7 081	7 439	9 401	9 997
elektrische Haushaltgeräte	15 869	16 847	17 926	16 931
davon Staubsauger	12 156	12 581	13 014	10 508
Dynamobürsten u. Kohlenelektroden	2 127	2 679	3 028	1 662
sonstiges	1 944	3 375	3 662	3 681
insgesamt	122 291	136 372	163 742	179 557

[1]) Umrechnungskurs seit der Währungsentwertung unter Berücksichtigung der veränderten Binnenkaufkraft.

Zahlentafel 2. Beschäftigte Personen.

Jahr	insgesamt	Arbeiter	Angestellte
1933	13 827	10 254	3 573
1934	14 759	11 074	3 685
1935	16 867	12 760	4 107
1936	19 052	14 535	4 517

Quelle: Sveriges officiella Statistik Industri.

Elektrotechnische Erzeugung in der Südafrikanischen Union. — Die Eigenerzeugung der Südafrikanischen Union auf dem Gebiete der Elektroindustrie hat seit einigen Jahren einen erheblichen Aufschwung zu verzeichnen (Zahlentafel 1). Nach der neuesten amtlichen Veröffentlichung betrug ihr Wert im Jahre 1936 57,7 Mill RM gegenüber nur 9,9 Mill 1928/29. Während der Steigerungsgrad der Erzeugung bis 1933/34 verhältnismäßig gleich blieb, wurde 1934/35 die Erzeugung auf über das Doppelte ihres Vorjahrswertes erhöht. Demgegenüber betrug die Zunahme von 1935 auf 1936 nur 31%. Die wichtigste Warengruppe der Erzeugung stellten die Telephonapparate dar, deren Anteil an der Gesamterzeugung sich 1929/30 auf 79% belief. Diese Vorrangstellung der Telephonapparate ging jedoch in den darauf folgenden Jahren immer mehr zugunsten anderer Warengruppen zurück, so daß ihr Anteil 1936 nur rd. 50% der Gesamterzeugung ausmachte. Der gesteigerten Erzeugung entspricht ein Anwachsen der Beschäftigtenzahl, die innerhalb eines Jahrfünfts um rd. 50% erhöht werden konnte.

Zahlentafel 1. Elektrotechnische Erzeugung der Südafrikanischen Union.

Jahr	beschäftigte Personen	elektrotechnische Erzeugung insgesamt	davon Telephonapparate u. dgl.
		Werte in 1000 RM[1])	
1929/30 (30. 6.)	3 737	13 668	10 853
1932/33 (30. 6.)	3 883	17 732	8 383
1933/34 (30. 6.)	4 767	21 214	8 744
1934/35 (30. 6.)	5 633	44 039	19 363
1935/36 (30. 6.)	7 442	57 717	24 428

[1]) Umrechnungskurs seit der Währungsentwertung unter Berücksichtigung der veränderten Binnenkaufkraft.

Quelle: Statistics of Production (Statistics of Factories and Productive Industries).

VERSCHIEDENES.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.

Geltungsbeginn von VDE-Bestimmungen — Sonderdrucke von neuen VDE-Arbeiten.

Am 1. Januar 1939 sind die beiden folgenden neuen VDE-Arbeiten in Kraft getreten:

VDE 0320/XII. 38. „Leitsätze für nichtkeramische gummifreie Isolierpreßstoffe", Neufassung . . . . . 0,25 RM

VDE 0720/1937. „Vorschriften für Elektrowärmegeräte", Neufassung . . . . 0,70 RM

ferner die Änderung

VDE 0870 a/IX. 38. „Leitsätze für Kondensatoren der Rundfunk- und Entstörungstechnik", § 13 . . . . 0,10 RM

Sonderdrucke davon sind zu den angegebenen Preisen bei der ETZ-Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, VDE-Haus, erhältlich.

Weiter sind bei der ETZ-Verlag GmbH. noch die folgenden Sonderdrucke von neuen VDE-Arbeiten erschienen:

VDE 0100 c/VI. 38. „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V", 6. Änderung, gültig ab 1. Juli 1938 . . . . 0,10 RM

VDE 0100 d/X. 38. dto., 7. Änderung, gültig ab 5. November 1938 . . . . 0,10 RM

VDE 0210 d/X. 38. „Vorschriften für den Bau von Starkstromfreileitungen", 7. Änderung, gültig ab 1. Dezember 1937 . . . . 0,10 RM

VDE 0250 Ub/IX. 38. „Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen", 3. Änderung, gültig ab 1. November 1938 . . . . 0,10 RM

VDE 0332/IX. 38. „Leitsätze für Glimmer-Erzeugnisse", Neufassung, gültig ab 1. November 1938 . . . . 0,10 RM

VDE 0410/X. 38. „Regeln für Meßgeräte", Neufassung, gültig ab 1. Oktober 1939 . . . . 0,50 RM

VDE 0570/X. 38. „Regeln für Klemmenbezeichnungen", Neufassung, gültig ab 1. Dezember 1938 . . . . . 0,50 RM

VDE 0608/V. 38. „Leitsätze für Klemmen zum Anschluß von eindrähtigen Aluminiumleitern mit Querschnitten bis 16 mm²", Erstfassung, gültig ab 1. Juli 1938 . 0,10 RM

VDE 0610/V. 38. „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung", 7. Änderung, gültig ab 1. Juli 1938 . . . . 0,10 RM

VDE 0810 Uc/IX. 38. „Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen", 3. Änderung, gültig ab 1. November 1938 . . . . 0,10 RM

ETZ-Einbanddecken.

Die Einbanddecken für den Jahrgang 1938 der ETZ sind jetzt lieferbar. Die beiden Halbjahresbände kosten zusammen 3,20 RM, für VDE-Mitglieder jedoch nur 2,40 RM. Die Versandspesen betragen 0,40 RM für einen einzelnen Satz.

Die Decken sind durch jede Buchhandlung oder von der ETZ-Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, zu beziehen.

Einbanddecken der ETZ-Jahrgänge 1934, 1935, 1936 und 1937 sind dort — zu den gleichen Preisen — ebenfalls noch erhältlich.

Ausschuß für elektrische Bahnausrüstung.

Nachstehend wird ein Druckfehler richtiggestellt, der in § 45 von VDE 0535/III. 38 „Regeln für elektrische Maschinen und Transformatoren auf Bahn- und anderen Fahrzeugen R.E.B." (vgl. ETZ 59 (1938) S. 326) stehen geblieben ist.

Der vorletzte Absatz von § 45 erhält folgende Fassung:

„Die Größe des Widerstandes berechnet sich angenähert aus:

$$R = 0{,}7\,\frac{U}{I}\cdot\frac{n_b}{2n},$$

wobei U die Nennspannung, I den Nennstrom, n die Nenndrehzahl und n_b die höchste Betriebsdrehzahl bedeuten."

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Bezirk Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Elektrowärme".
Leiter: Dipl.-Ing. W. Zillmer VDE.

Vortrag

des Herrn Dipl.-Ing. W. Zillmer VDE, Berlin, am Dienstag, dem 10. Januar 1939, um 20^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Vollelektrische Arbeitsmaschinen"

(Arbeitsmaschinen mit elektrischen Heizeinrichtungen).
Eintritt und Kleiderablage frei.

A. o. Bezirksversammlung

am Dienstag, dem 17. Januar 1939, 20^{00}, im Großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22.

Vortrag des Herrn Direktor Dr.-Ing. H. Probst VDE, Berlin, über das Thema:

„Schaltanlagenbau in Vergangenheit und Gegenwart".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Leitungstelegraphie und -telephonie".
Leiter: Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Ingenieur G. Keller VDE, Berlin, am Donnerstag, dem 19. Januar 1939, um 20^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Die Meßgeräte der Telegraphie".

Eintritt und Kleiderablage frei.

1. bis 3. Juni 1939 • VDE-Mitgliederversammlung • Wien

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im Jungingenieurzimmer des VDE-Hauses, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Installationstechnik. Leiter: Dipl.-Ing. R. Schamberger VDE.
10. 1. 1939 „Prüfung und Begutachtung elektrischer Anlagen", Vortragender: Oberingenieur H. Kutschki.

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. Boekels VDE.
11. 1. 1939 „Schleifen-Oszillographen", Vortragender: Dr.-Ing. W. Bader VDE.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
12. 1. 1939 Vortragsreihe „Relais in der Starkstromtechnik": „Die Verwendung und Auslegung von Schutzsystemen in elektrischen Netzen", Vortragender: Dr.-Ing. H. Titze VDE.

Elektrizitätswerke. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. B. J. v. d. Knesebeck VDE.
13. 1. 1939 1. Reihe „Wasserkraftwerke": „Der automatische Einsatz von Wasserkraftwerken", Vortragender: Oberingenieur B. Fleck VDE.

VDE Bezirk Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Danzig (gemeinsam mit VDI). 9. 1. (Mo), 20^{00}, T. H.: „Vergleichende Prüfung und Bewertung von Lichtbogenschweißanlagen" (m. Lichtb.). Obering. Bauer.

VDE Bezirk Essen (gemeinsam mit Haus der Technik). 11. 1. (Mi), 19^{15}, Haus der Technik: „Explosionsvorgänge und elektrische Geräte für explosionsgefährdete Betriebe". Dr.-Ing. Müller-Hillebrand VDE.

VDE Bezirk Halle. 9. 1. (Mo), 20^{15}, Stadtschützenhaus: „Fernsehen". Postrat Dr.-Ing. Ring.

VDE Bezirk Ruhr-Lippe, Dortmund. 11. 1. (Mi), 20^{00}, „Zum schwarzen Raben", Hansastr. 105: „Rohstoff-Fragen organischer Werk- und Isolierstoffe". Obering. Burmeister.

VDE Bezirk Südbayern, München. 11. 1. (Mi): „Neuzeitliche Probleme und Verfahren der Elektrochemie". Dr. H. Fischer VDE.

Außeninstitut der T. H. Berlin und VDI, Berlin.
1. Vortragsreihe: „Der elektr. Antrieb in Industriebetrieben". 7 doppelstündige Vorträge, Montags 18^{15}, Hauptgebäude H 25. Beginn 16. 1. 39. Karten für die ganze Reihe 5 RM, für Studenten 2,50 RM. Einzelkarten werden nicht ausgegeben.
2. Vortragsreihe: „Einführung in die Variationsrechnung und ihre Anwendung". 5 doppelstündige Vorträge von Prof. Kucharski. Donnerstags 18^{15}, Hauptgebäude H 120. Beginn 19. 1. 39. Karten für die ganze Reihe 4 RM, für Studenten 2 RM. Einzelkarten werden nicht ausgegeben.
3. Vortragsreihe: „Getriebelehre". 6 doppelstündige Vorträge, Dienstags 18^{15}, Hauptgebäude H 25. Beginn 10. 1. 39. Karten für die ganze Reihe 4 RM, für Studenten 2 RM. Einzelkarten werden nicht ausgegeben.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Bezirksgruppe Niedersachsen, Hannover (gemeinsam mit der Deutschen Gesellschaft für technische Physik, Ortsgruppe Hannover). 11.1. (Mi), 20^{00}, Phys. Inst. T.H.: „Mehr Licht, Grenzen und Ziele der Leuchttechnik" (m. Lichtb. u. Vorführ.). Dr. W. Köhler.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin und Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Berlin. 11.1. (Mi), 19^{30}, T. H.: „Über die Erforschung der Struktur fester und flüssiger Körper mit Hilfe d. Phosphoreszenz-Spektren". R. Tomaschek.

Reichs-Röntgenstelle beim Staatlichen Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem, Unter den Eichen 86/87. 2 Lehrkurse für zerstörungsfreie Prüfverfahren, 1. 23. bis 28. 1. für Anfänger, 2. 27. u. 28. 1. für Fortgeschrittene. Teilnehmergebühr: Für Anfänger 100 RM, für Fortgeschrittene 40 RM. Anmeldungen bis spätestens 10. 1. erbeten. Genauer Zeitplan geht den Interessenten dann zu.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.397.5

Der Fernsehdienst der Deutschen Reichspost. Von Postrat Prof. Dr. A. Gehrts. (Heft 6 der Schriften des Instituts für Verkehrswissenschaft an der Universität Leipzig, herausg. v. Prof. Dr. K. Bräuer). Mit 14 Abb. u. 30 S. im Format B 5. Verlag von Felix Meiner, Leipzig 1938. Preis kart. 1,40 RM.

Diese Schrift gibt einen im Januar 1938 im Institut für Verkehrswissenschaft an der Universität Leipzig gehaltenen Vortrag wieder. Sie vermittelt dem Techniker mit elektrotechnischem Verständnis eine geschickte, praktisch lückenlose Zusammenfassung des in Deutschland erreichten Standes der Fernsehtechnik, soweit der unter Führung der Deutschen Reichspost betriebene praktische Dienst für die Fernübertragung von Freilicht-, Bühnenszenen und Filmen und für das Fernsehsprechen in Frage kommt. Das wegen der neuen Normen von 441 Zeilen erforderliche Frequenzband bedingt bei größeren Übertragungsweiten Breitbandkabel mit Zwischenverstärkern. Der Verfasser beschreibt die verschiedenen Abtastverfahren und -geräte und verweist auf den Fortschritt, der durch die Photozellen mit Sekundärelektronenvervielfachung, die Bildfängerröhren mit Speicherwirkung und Sondenabtastung gegeben ist. Ein Teilproblem ist der Gleichlauf zwischen Sender und Empfänger. Er erfolgt nach dem Lückensynchronisierverfahren, das die regelmäßige Einfügung von Gleichlaufzeichen nötig macht, die von Frequenzteilern geliefert werden.

Fritz Raeck.

DK 621.396.75(075.4)

Die Empfangsanlagen der Reichsflugsicherung. Von Dipl.-Ing. O. Koch. (Flugsicherungstechn. Lehrbücher, Bd. 4) Mit 57 Abb., 8 Tafeln u. 75 S. im Format A 5. Georg Siemens Verlagsbuchhandlung, Berlin 1938. Preis kart. 2,60 RM.

Die sehr knappe Einleitung dieses besonders für das Personal der Reichsflugsicherung bestimmten Heftes versucht auf 12 Seiten eine Erklärung von Störverhältnis, Empfindlichkeit, Frequenzwahl, Trennschärfe, Dämpfung, Gleichrichter- und Verstärkerarten, Geradeaus- und Überlagerungsprinzip. Im allgemeinen werden dabei die Tatsachen (einschl. Formeln) kurz mitgeteilt. — Der Hauptteil beschreibt die in der Flugsicherung eingesetzten Empfänger, wobei jeweils Aufbau, Wellenbereich, Ansichten, Schaltbilder, Empfindlichkeit, Stromversorgung und die Bedienungsanweisung mitgeteilt werden. Teilweise sind Selektionskurven, Regelkurven u. a. wiedergegeben. Eine gute, tafelmäßige Übersicht ermöglicht einen schnellen Vergleich. Das Buch wird durch Abschnitte über die Stromversorgung (Netzanschlußgerät), über Empfangsantennen, ausgeführte Empfangsanlagen (Beispiele) und die Fernsteuerung abgeschlossen. Das sehr knappe und doch viel enthaltende Kapitel über Antennen würde gewinnen, wenn Abb. 40 verbessert und die für den wenig Erfahrenen mißverständlich gedruckte Austinsche Ausbreitungsformel klarer gesetzt würde. — Die sehr übersichtlichen Angaben über die vorhandenen Geräte dürften ein gutes Hilfsmittel für Unterricht und Praxis sein.

Franz Moeller VDE.

DK 621.396.93

Wireless Direction Finding. Von R. Keen. Mit einem Vorwort von T. L. Eckersley. 3. erweit. Aufl. Mit 549 Abb., XI u. 803 S. im Format 150 × 220 mm. Veröffentlicht von dem Büro der „Wireless World". Verlag Iliffe & Sons Ltd., London 1938. Preis geb. 25 sh.

Die erste Auflage dieses Buches ist 1922 unter dem Titel „Direction and Position Finding by Wireless" erschienen, die zweite Auflage 1927 unter dem Titel „Wireless Direction Finding and Directional Reception". In der vorliegenden Auflage ist der Abschnitt über Richtantennen für kommerziellen Funkverkehr fortgefallen, damit das eigentliche Gebiet der Funknavigation, das in dem letzten Jahrzehnt durch die Anforderungen der Flugsicherung einen starken Auftrieb erhielt, ausführlicher behandelt werden konnte. Der erhöhten Bedeutung der Funknavigation wird durch eine wesentliche Erweiterung der Neuauflage Rechnung getragen, die über 800 Seiten gegenüber etwa 500 Seiten der 2. Auflage umfaßt und in 17 Kapitel eingeteilt ist. Das erste Kapitel bringt einen geschichtlichen Überblick über die Entwicklung der drahtlosen Peiltechnik. Im zweiten Abschnitt werden die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen, Polarisationserscheinungen und die Vorgänge in der Ionosphäre behandelt. Es folgen zwei Kapitel über die Richtwirkungen verschiedener Empfangsantennengebilde und über den Rahmenempfang. Das fünfte Kapitel ist der Bauweise und der Peilgenauigkeit der Radiogoniometer nach Bellini-Tosi gewidmet. Zwei weitere Abschnitte behandeln sehr ausführlich die Ursachen des Nacht- und Dämmerungseffektes, vor allem die Eckersleysche Theorie und ihre experimentelle Bestätigung, sowie das Adcock-Antennensystem. Nach einem Kapitel über das Kartenwesen bringen weitere Abschnitte zahlreiche praktische Ausführungen der Antennenanlagen von Bodenpeilstationen für Flughäfen und ausführliche Beschreibungen der verschiedensten Peilgeräte. Im folgenden Kapitel werden die technischen Einrichtungen der Peilstationen auf Schiffen behandelt. Ein weiteres Kapitel über Peilfunksender enthält auch die Bestimmungen des Madrider Weltnachrichtenvertrages über den Dienst der Funkfeuer. Drei folgende Abschnitte sind den Peilanlagen in Flugzeugen, den Verfahren der Funkortung und

den Schlechtwetterlandungssystemen gewidmet. Sodann werden Peilsysteme, die direkte Ablesung z. B. mit Hilfe der Braunschen Röhre gestatten, beschrieben. Im Schlußkapitel werden geodätische und nautische Meßverfahren und Geräte besprochen, soweit sie für den nautischen Funkdienst in Frage kommen.

Dem Verfasser ist sein Ziel, eine leichtverständliche Einführung in die theoretischen Grundlagen der Funknavigation für den Praktiker, den Bordfunker, den Montageingenieur usw. zu bringen, restlos geglückt. Unter Vermeidung mathematischer Beweisführungen werden Wirkungsweise und Strahlungscharakteristiken der verschiedenen Peilgeräte an Hand übersichtlicher Schaltbilder und Vektordiagramme anschaulich erklärt. Durch zahlreiche praktische Beispiele und Abbildungen von errichteten Stationen wird der zweckmäßige Einbau der Peilgeräte in Flugzeuge und auf Schiffen erläutert. Auch der Wissenschaftler und Forschungsingenieur wird zur Lösung von funknavigatorischen Sonderaufgaben das Buch mit Nutzen zu Rate ziehen, zumal sein Inhalt durch ein Literaturverzeichnis, das über 650 der wichtigsten Arbeiten auf dem Gebiete der Funknavigation seit den Anfangsjahren der Funktechnik umfaßt, bereichert ist. Es ist anzuerkennen, daß der Verlag die stark erweiterte 3. Auflage ohne wesentliche Preiserhöhung herausgebracht hat. E. Meinel VDE.

DK 621.3(091)

Elettrotecnica. Von L. Lombardi. (Enciclopedia Scientifica Monografica Italiana del Ventesimo Secolo, Serie 1, Nr. 2.) Mit 47 Blatt Abb. u. 268 S. im Format 140×215 mm. Verlag Valentino Bompiani, Mailand 1938. Preis kart. 30 L.

Aus der Enciclopedia Scientifica Monografica Italiana des XX. Jahrhunderts ist von der ersten Serie (Physik, reine und angewandte Mathematik) Band 2 „Elettrotecnica" von Luigi Lombardi erschienen. Das Buch ist kein Lehrbuch oder wissenschaftliches Werk und befaßt sich nicht mit der Theorie und Wirkungsweise, sondern gibt vielmehr in erzählender Weise einen allgemeinen Überblick über die geschichtliche Entwicklung der Elektrotechnik von den ersten Entdeckungen an und über den heutigen Stand unter Berücksichtigung der neuzeitlichsten Errungenschaften, wobei in erster Linie die Verhältnisse in Italien berücksichtigt werden. — Das Buch ist in folgende sieben Kapitel eingeteilt: 1. Rückblick auf die Entdeckung der Elektrizität von den Anfängen bis Ende des vorigen Jahrhunderts. 2. Allgemeiner heutiger Stand der Wissenschaft und Industrie. 3. Systeme der Fernübertragung (Telegraph, Telephon und drahtlose Übertragung.) 4. Erzeugung und Verteilung der elektrischen Energie (Generatoren, Kraftwerke, Unterwerke, Netze, Fernleitungen, Frequenzwandler, Kabel, Regler, Gleichrichter, Transformatoren). 5. Motoren, Bahnen, Elektrische Antriebe. 6. Andere Anwendungen der Elektrizität: Beleuchtung, Heizung, Schmelzöfen, Galvanoplastik, Elektrolyse, Elektroakustik, Diathermie, Röntgenstrahlen, Photozellen, Gasreinigung. 7. Heutiger Stand und Ausblick in die Zukunft (letzte Fortschritte auf dem Gebiet der hochpermeablen Legierungen, Wechselrichter u. a.).

Die einzelnen Gebiete konnten natürlich nur ganz kurz behandelt werden, insbesondere ist die Meßtechnik nur gestreift. Ein umfangreiches chronologisches Schrifttumverzeichnis italienischer Verfasser beschließt das Werk. Für den allgemein gebildeten Fachmann bietet das Buch sachlich kaum etwas Neues, enthält aber zahlreiche interessante statistische Angaben. Dem Studierenden und dem Laien gibt es einen guten Begriff von dem gesamten Gebiet, setzt aber immerhin eine gewisse fachliche Vorbildung voraus. Der Text ist durch zahlreiche gute Abbildungen ergänzt. W. Beetz.

DK 347 : 621.311.003

Gesetz zur Förderung der Energiewirtschaft (Energiewirtschaftsgesetz) vom 13. Dezember 1935. Erläutert von Dr. H. Darge, Dr. E. Melchinger und Dr. F. Rumpf. 2. Teil. Lose-Blatt-Werk. Otto Elsner Verlagsgesellschaft, Berlin 1938. Preis 10 RM.

In der Einführung des I. Bandes des Kommentars stellten die Verfasser die Kommentierung der Durchführungsverordnung in einem besonderen Zusatzbande in Aussicht. Der Plan konnte nicht durchgeführt werden, da eine solche Durchführungsverordnung vom Reichswirtschaftminister nicht erlassen worden ist, dieser vielmehr sich damit begnügt hat, zunächst Erfahrungen über die Auswirkung der Vorschriften des Gesetzes abzuwarten und demzufolge zu verschiedenen auftretenden Fragen in einzelnen Vorschriften, Anordnungen und Erlassen Stellung genommen hat.

Die Verfasser haben sich in dem nunmehr erschienenen Band II daher darauf beschränkt, alle diese Vorschriften, Verordnungen usw. des Reichswirtschaftsministers, zeitlich nach ihrem Erscheinen geordnet, im Wortlaute zum Abdruck zu bringen; dieses ist in dem Textteil 1 bis 104 geschehen; ein Inhaltsverzeichnis der einzelnen behandelten Verordnungen usw. ist diesem Textteile vorausgeschickt.

Ihm folgt: Abschnitt I „Energiewirtschaftsgesetz". In ihm werden „Vorspruch und amtliche Begründung" des Gesetzes erläutert, was im Band I des Kommentars nicht geschehen war. Diese Erläuterungen sind in zwei Abschnitte unterteilt: 1. Allgemeine Bedeutung von Vorsprüchen und Gesetzesbegründung für die Rechtsanwendung. 2. Besondere Bedeutung für die Anwendung des Energiegesetzes.

Es werden dann weiter einzelne der im erwähnten Textteile im Wortlaute abgedruckten Verordnungen usw. erläutert und zwar zunächst diejenigen, welche behandeln:
Vorbemerkungen, 1. Energieaufsicht und Länder, 2. Zusammenschlüsse in der Energiewirtschaft, 3. Energiebedarfsmeldungen, 4. Abschluß vor Verträgen auf dem Gebiete der Energiewirtschaft durch Gemeinden und Gemeindeverbände, 5. Regelung des Wettbewerbes zwischen Elektrizität, Gas und festen Brennstoffen, 6. Bestimmungen des Werberates der deutschen Wirtschaft über Energiewerbung. In jeder dieser Unterabteilungen werden die Nummern des Textteiles angegeben, unter welchem die einschlägigen Verordnungen usw. abgedruckt sind.

In gleicher Weise aufgebaut werden dann noch vier weitere Abschnitte behandelt, mit 4, 6, 2, 6 Unterabteilungen.

Vorgesehen sind schließlich noch drei weitere Abschnitte
II. Organisation der gewerblichen Wirtschaft,
III. Installation und Gerätevertrieb,
IV. Zusammentreffen von Energieanlagen und anderen Anlagen.

In der bisherigen Ausgabe sind jedoch nur die zugehörenden drei Titelblätter vorhanden, der Text wird noch nachgeliefert werden.

Da das ganze Werk „auf Zuwachs" berechnet ist, ist es nicht als Buch gebunden, sondern in eine „Mechanik für lose Blätter" gefaßt. Die gewählte technische Anordnung erschwert aber eine Handhabung ungemein; eine Abänderung der Heftung wäre daher, da das Werk doch ein Nachschlagebuch ist und bleiben soll, sehr erwünscht. B. Thierbach.

DK 621.396.1.029.6

Die Kurzwellen. Eine Einführung in das Wesen und in die Technik für den Rundfunkhörer und für den Amateur. Von Dipl.-Ing. F. W. Behn und W. W. Diefenbach. 2. neubearb. Aufl. Mit 143 Abb., 28 Tabellen u. 151 S. im Format A 5. Verlag der G. Franzschen Buchdruckerei, G. Emil Mayer, München 1938. Preis kart. 2,90 RM.

Ein wirklich gutes Kurzwellenbuch, das in der zweiten, verbesserten Auflage das ganze Kurzwellengebiet knapp aber doch noch umfassender als in der ersten Auflage und für den Kurzwellen-Amateur hinreichend vollständig behandelt. Es geht sowohl auf die Geschichte und Organisation der Amateurbewegung wie auf die gesamte einschlägige Technik und auf die Betriebsfragen ein. F. Bergtold VDE.

DK 621.3(075.2)

Die Elektrotechnik. Die Grundgesetze der Elektrizitätslehre und die technische Erzeugung und Verwertung des elektrischen Stromes in gemeinverständlicher Darstellung. Von Prof. Dr.-Ing. K. Laudien. 12. neubearb. Aufl. Von Dr.-Ing. R. Reinhardt. Mit 797 Abb., XVI u. 389 S. im Format A 5. Dr. Max Jänecke Verlagsbuchhandlung, Leipzig 1938. Preis kart. 4,80 RM, geb. 6 RM.

In der Darstellungsweise bei Einführungen in die Elektrotechnik kämpfen anscheinend immer noch zwei verschiedene Vorstellungswelten miteinander. Die ältere davon ist u. a. gekennzeichnet durch eine weitgehende Verwendung des Wasservergleiches beim elektrischen Stromkreis, durch das Herleiten des magnetischen Feldes aus der Polvorstellung und durch das Zurückführen der Induktionserscheinung allein auf das „Schneiden von Kraftlinien". Mindestens seit dem Erscheinen des bahnbrechenden Buches von Pohl dürfte wohl erwiesen sein, daß die heutigen Vorstellungen vom Mechanismus der elektrischen Strömung und vom Faraday-Maxwellschen Feld auch für eine erste Einführung in die Grundlagen geeignet sind. Das vorliegende Buch steht ganz auf der älteren Darstellungsweise und vermeidet kaum eine der darin liegenden Gefahren, sondern fügt noch Falsches hinzu wie die Gleichsetzung von Begriff und Einheit einer Größe (wörtlich auf S. 3: Wassermenge in der Zeiteinheit = Stromstärke = Ampere). Eine nähere Begründung und ein weiteres Eingehen auf die nicht geringe Zahl von

Unrichtigkeiten erübrigt sich an dieser Stelle, da die in Besprechungen der früheren Auflagen [3. Aufl. ETZ 37 (1916) S. 519; 7. Aufl. ETZ 43 (1922) S. 1277[herausgestellten Mängel mit ganz wenigen Ausnahmen noch immer bestehen. Selbst wenn das erklärende Wort des Lehrers bei einer Verwendung des Buches im Unterricht die bestehenden Schwächen zu überbrücken versucht, muß die oft wahllose Zusammenstellung von Einzelheiten aus dem Riesengebiet der Elektrotechnik bei dem Lernenden ein falsches Bild hinterlassen. Auch manche recht anerkennenswerte Dinge (zahlreiche Beispiele, einige sehr lehrreiche Abbildungen, teilweise Umstellung auf die heutigen Schaltzeichen, Liste der wichtigsten VDE-Vorschriften u. a.) vermögen das Buch nicht wertvoller zu gestalten. — Im Interesse einer Vermittlung richtiger und klarer Vorstellungen von den elektrischen und magnetischen Erscheinungen ist es bedauerlich, daß dieses Buch durch seine hohe Auflagezahl offenbar einen großen Kreis werdender Techniker fehl leitete.
Franz Moeller VDE.

DK 629.11.003.1 : 621–843 + 621.335.4/.5

Das deutsche Treibstoffproblem unter besonderer Berücksichtigung der Elektrizität. Von Dipl.-Kaufm. Dr. R. Neschkes. Mit 2 Abb. u. 76 S. im Format 155 × 230 mm. Verlag Konrad Triltsch, Würzburg-Aumühle 1938. Preis kart. 3 RM.

Der Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, zu untersuchen, welche Bedeutung bei der Lösung des deutschen Treibstoffproblems in der Kraftverkehrswirtschaft der Elektrizität als Treibkraft beim Elektrofahrzeug mit Akkumulator und beim Oberleitungsomnibus zukommt. Ein einleitender Überblick zu den bisherigen Leistungen in den letzten Jahren in der Eigenerzeugung in Treibstoffen im Verhältnis zum Bedarf führt zu dem Ergebnis, daß der Elektrizität erhöhte Aufmerksamkeit zugewendet werden sollte. In zwei eingehend behandelten Kapiteln wird auf den hohen Wert des Elektrofahrzeuges und des Obus für die deutsche Kraftverkehrswirtschaft eingegangen. Bei 9000 Elektrofahrzeugen sind diese erst mit 2,5% am Gesamtbestand der deutschen Nutzfahrzeuge beteiligt. Dieser Anteil ließe sich nach den Verkehrsbedingungen auf 12,5%, d. s. 50 000 Fahrzeuge, erhöhen, womit 160 000 t Benzin jährlich gespart werden könnten und den Elektrizitätswerken eine Jahreseinnahme von 19 Mill RM zufließen würde. Erfordernisse sind Werbung der Eltwerke für Elektrofahrzeuge im eigensten Interesse, billiger Strompreis, Tankstellen im Eltwerk-Bereich, Leihakkumulatoren, Schnelladung, Batteriewechsel mit weitgehend genormten Batterien und Akkumulatorforschung zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und des Speicherungsvermögens des Akkumulators. Dargetan wird die hohe Wirtschaftlichkeit der Elektrofahrzeuge, die auch zu ihrer großen Verbreitung im Ausland geführt hat. Letztere sei aber noch lange nicht erschöpft, so daß hier ein Feld für den Export der deutschen Elektrofahrzeugindustrie besteht. Auf die Entwicklung des Obus und den Bestand an Obussen in Deutschland, der mit 51 Wagen gegenüber dem in England mit 3000 und in den V. S. Amerika mit 2000 Stück sehr gering ist, wird eingegangen. Die verkehrstechnischen, betriebs- und volkswirtschaftlichen Vorteile des Obus werden gekennzeichnet. Die heute in Deutschland laufenden Obusse verbrauchen jährlich 5,1 Mill kWh und ersparen 1275 t Gasöl. Ließe sich die Zahl wie in Amerika auf 2000 erhöhen, würde dies für die Eltwerke eine jährliche Stromabnahme von 200 Mill kWh bei einer Ersparnis von 50 000 t Gasöl bedeuten. Auf den Autobahnen dürfte der Obus als Zweikraftwagen mit zusätzlichem benzin- oder dieselelektrischem Antrieb (Newark/New York) Bedeutung erlangen.
A. Przygode VDE.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Zur Frage der Auswahl von Elektroden zum Schweißen von mittel- und niedrigkohlenstoffhaltigen Stählen. Von Prof. Bojko. Übersetzung aus der russischen Zeitschrift „Abtogenoe Delo" 6/35 von Obering. E. Menz. Mit 17 Schreibmaschinenseiten und 10 graph. und Zahlentafeln im Format A 4. Zu beziehen durch Obering. E. Menz, Hamburg 39, Barmbecker Str. 171. Preis 20 RM.
(Besprechung dieser Übersetzung auf S. 18 dieses Heftes.)

Physikalische Chemie. Von Prof. Dr. W. Kuhn. Mit 29 Abb., XI u. 360 S. im Format 130 × 185 mm. Verlag von Quelle & Meyer, Leipzig 1938. Preis geb. 8 RM.

Encyclopédie de l'Électricité et de la T. S. F. à bord des Avions modernes. Von Prof. Ing. électr. H. Lanoy. Bd. 1: La T. S. F. et l'Appareillage Électrique spécial à bord des Avions modernes. Mit einem Vorwort von G. Benoist. Mit 157 Abb. u. 160 S. im Format 185 × 270 mm. Librairie des Sciences Pratiques Desforges, Paris 6e. 1938. Preis kart. 48 fr.

Grundlagen der Atomphysik. Eine Einführung in das Studium der Wellenmechanik. Von Prof. Dr. phil. H. A. Bauer. Mit 154 Abb., 20 Zahlentafeln im Text, X u. 249 S. im Format 140 × 210 mm. Verlag Julius Springer, Wien 1938. Preis kart. 12,60 RM.

Elektrotechnische Lehrbücher. Bd. 4: Wechselstrommaschinen, Transformatoren und Stromrichter. 3. verbess. Aufl. Von Prof. Dipl.-Ing. G. Haberland unter Mitwirkung von Dr.-Ing. F. Haberland. Mit 208 Abb., VIII u. 187 S. im Format A 5. Dr. Max Jänecke Verlagsbuchhandlung, Leipzig 1938. Preis kart. 3 RM.

Aufgabensammlung aus der Elektromeisterprüfung. Von B. Droll u. K. Fraaß. 2. Aufl. Neu bearb. von Baurat Dipl.-Ing. K. Fraaß und Ing. M. Rützel. Mit 33 Abb., VIII u. 91 S. im Format A 5. Dr. Max Jänecke Verlagsbuchhandlung, Leipzig 1938. Preis kart. 2,80 RM.

Preisbildung und Warenregelung. II. Teil: Eisen- und Metallwirtschaft. Ergänzungslieferung Nr. 16, 17, 18 u. 19. Verlag Hermann Luchterhand, Berlin-Charlottenburg.

Blätter für Geschichte der Technik. 4. Heft. Herausgeber: Österreichisches Forschungsinstitut für Geschichte der Technik in Wien. Schriftleitung: Dr.-Ing. L. Erhard. Mit 38 Abb. u. 80 S. im Format B 5. Verlag Julius Springer, Wien 1938. Preis geh. 4 RM.

Anleitung zum Lichtbogenschweißen. Ausführungsbeispiele. Teil II a. Erarbeitet vom Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwesen (DATSCH) E. V. 3. veränd. Aufl. Mit zahlr. Abb., 10 S. u. 25 Blättern m. Abb. im Format A 5. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1938. Preis kart. 1,75 RM.

Taschenbuch für Fernmeldetechniker. Von Obering. H. Groetsch. 7. verbess. Aufl. Mit 1185 Abb., XV u. 774 S. im Format 130 × 185 mm. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1938. Preis geb. 16 RM.

Die Gleichrichterschaltungen. Ihre Berechnung und Arbeitsweise. Von Dr.-Ing. W. Schilling. Mit 121 Abb., 5 Zahlentafeln u. 31 Kurventafeln u. 279 S. im Format 170 × 240 mm. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1938. Preis geb. 17,50 RM.

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost (RPF). Band II mit den Arbeiten vom 1. 1. 1938 bis 30. 6. 1938. Mit zahlreichen Abb. u. 110 S. im Format A 4. Alleinvertrieb durch die Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost, Berlin-Tempelhof, Sept. 1938. Preis kart. 2,20 RM.

Grundzüge der Schweißtechnik. Kurzgefaßtdr Leitfaden. Von Studienrat Dipl.-)Ing. Th. Ricken. Mit 97 Abb. u. 63 S. im Format 155 × 230 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1938. Preis kart. 3,90 RM.

Berichtigung.

In dem Bericht „Ein Überblick über den wirtschaftlichen Einfluß der Lichtbogenschweißung" in H. 51 der ETZ 59 (1938) S. 1393 müssen im letzten Absatz die Dampfdrücke 105 atü in der zweiten bzw. 176 atü in der dritten Zeile richtig lauten. — Die Seitenzahl der Quelle in der letzten Zeile ist S. 265.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. R. Heinrich VDE, Frankfurt a. M., Myliusstr. 9.
Reichsbahnbauassessor Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE, Berlin-Siemensstadt, Goebelstr. 117.
Dr. F. C. Saic VDE, Berlin-Siemensstadt, Goebelstr. 68.

Abschluß des Heftes: 30. Dezember 1938.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 12. Januar 1939 | Heft 2

Wesen und Anwendung des Ultraschalls.

Von E. C. Metschl VDE, Berlin.

DK 534.89

Übersicht. Die zur Erzeugung und zum Empfang von Ultraschallwellen anwendbaren Verfahren werden zusammengestellt. Aufbau und Wirkungsweise der elektrischen Schallgeber und Schallempfänger werden im einzelnen beschrieben; ferner werden die wichtigsten Anwendungen des Ultraschalls an verschiedenen praktischen Beispielen gezeigt.

Geschichtlicher Rückblick.

Die zur Erzeugung von ultraakustischen Schwingungen anwendbaren Verfahren lassen sich in zwei Hauptgruppen einteilen; man kann zwischen mechanischen Ultraschallgebern und elektrischen Ultraschallgebern unterscheiden. Mit den heutigen piezoelektrischen Schallgebern lassen sich Ultraschallschwingungen bis etwa $5 \cdot 10^8$ Hz erzeugen; im Wellenlängenmaß ausgedrückt liegt der Bereich, der sich zur Zeit mit Ultraschallwellen bestreichen läßt, in Luft zwischen 1,6 cm und $0{,}6 \cdot 10^{-4}$ cm, in Flüssigkeiten zwischen 6 cm und $2{,}4 \cdot 10^{-4}$ cm und in festen Körpern zwischen 20 cm und $8 \cdot 10^{-4}$ cm, Unterschiede, die durch die von Fall zu Fall höhere Schallgeschwindigkeit bedingt sind. Den ersten Hinweis auf die Möglichkeit eines praktischen Einsatzes von Ultraschallwellen gab M. L. F. Richardson, der anläßlich der Titanic-Katastrophe im Jahre 1912 die Anwendung gerichteter Unterwasserschallsender auf Schiffen zur Warnung vor nahenden Eisbergen und zum Schutz gegen Zusammenstöße im Nebel vorschlug. Die ersten praktischen Erfolge mit Ultraschallwellen erzielte M. P. Langevin, der während des Weltkrieges mit gerichteten Schallstrahlen, die mit schwingenden Quarzen erzeugt wurden, das Herankommen getauchter Unterseeboote feststellen konnte. Die weiteren Entwicklungsarbeiten erwiesen allgemein die Brauchbarkeit der Ultraschallwellen als Nachrichtenmittel unter Wasser und zur Zustandsbestimmung von Werkstoffen, besonders zur Ermittlung von Fehlern in solchen. Beobachten ließen sich ferner im Ultraschallfeld in Flüssigkeiten starke thermische und chemische Wirkungen sowie biologische Wirkungen auf kleine in solchen Flüssigkeiten befindliche Tier- und Pflanzenorganismen.

Die Erzeugung und der Nachweis von Ultraschall.

Unter den mechanischen Ultraschallgebern ist besonders die Galtonpfeife, wie sie von M. Th. Edelmann[1]) entwickelt wurde, zu nennen. Den Aufbau einer solchen Pfeife veranschaulicht Abb. 1 a; durch eine Düse (D) strömt Luft auf einen kreisrunden Schlitz (K); durch die hier ausströmende Luft wird eine runde, scharfe Schneide (S) angeblasen, so daß der Luftraum hinter dieser zum Schwingen kommt; mittels Mikrometerschrauben ($M'M''$) lassen sich das schwingende Pfeifenvolumen (L) und die Öffnungsweite (d) verändern. Die Frequenz der so erzeugten Schwingung ergibt sich zu:

$$f = \frac{331\,800 \sqrt{1 + 0{,}003\,67\,t}}{4\,l + k}\,, \qquad (1)$$

wo l die Pfeifenlänge, d. h. die Höhe des angeblasenen Luftvolumens, t die Temperatur, bei der gemessen wird, und k eine vom Anblasedruck abhängige Konstante ist,

D Düse K Schlitz S Schneide L schwingendes Pfeifenvolumen M', M'' Mikrometerschrauben O Oszillator d Öffnungsweite

Abb. 1. Schnitt durch eine Galtonpfeife (a) und Druckverteilung (b) im Luftstrom eines Luftstromschwinggenerators (c).

die im allgemeinen mit zunehmendem Anblasedruck kleiner wird und bei einem Druck von 30 cm Wassersäule z. B. 7,3 und bei einem Druck von 40,8 cm Wassersäule etwa 4,7 beträgt. Die Tatsache, daß die Frequenz der erzeugten Schwingung vom Druck abhängt, mit dem die Pfeife angeblasen wird, macht sorgfältige Konstanthaltung dieses Druckes erforderlich. Erfüllt man diese Forderung, so liefert die Galtonpfeife sehr gleichmäßige Schallschwingungen bis zu $100 \cdot 10^3$ Hz, die sehr gut als Frequenznormal für Frequenzen dieser Größenordnung benutzt werden können.

Noch höhere Frequenzen bei Schalleistungen bis zu 50 W lassen sich mit dem Luftstromschwinggenerator erzeugen. In einem mit einem Überdruck von etwa 0,9 at aus einer Düse austretenden Luftstrom bildet sich, mit einem Staurohr nachweisbar, die in Abb. 1 b dargestellte

[1]) Ann. Phys., Lpz. 2 (1900) S. 469.

Druckverteilung aus; bringt man an eine Stelle (x), an der der Druck ansteigt, einen kleinen Hohlraumoszillator, so bildet sich eine Art Kippschwingungen aus; der Hohlraum füllt sich regelmäßig mit Luft von Überdruck und stößt ebenso regelmäßig die angestaute Luft wieder aus. Von der Öffnung des Oszillators gehen Schallwellen aus, für deren Wellenlänge näherungsweise gilt:

$$\lambda = 4\,(l + 0{,}3\,d); \tag{2}$$

dabei bedeutet l die Tiefe des Oszillatorraumes und d den Durchmesser desselben. Die Lage der Düse (D) und des Oszillators (O) eines solchen von J. Hartmann[2]) entwickelten Luftstromschwinggenerators im Druckfeld des Luftstroms zeigt Abb. 1 c. In der praktischen Ausführung dieses Schallgebers ist der Oszillator auswechselbar und mittels einer Mikrometerschraube verstellbar angeordnet, so daß mit großer Genauigkeit auf die richtige Stelle im Luftstrahl eingestellt werden kann. Bei Benutzung sehr kleiner Oszillatoren lassen sich mit solchen Schallgebern in Luft Schwingungen bis etwa 120 kHz herstellen. Bei Benutzung von Wasserstoff können wegen der hier rund viermal größeren Schallgeschwindigkeit Schwingungen bis 500 kHz erzeugt werden.

Abb. 2. Magnetostriktive Dehnungskurven.

Für die Praxis heute von umfassender Bedeutung sind die im folgenden beschriebenen elektrischen Schallgeber, bei denen die mit Elektronenröhren erzeugten elektrischen Schwingungen nach dem magnetostriktiven Verfahren oder über den umgekehrten Piezoeffekt[3]) in die elastischen Eigenschwingungen eines ferromagnetischen Stoffes bzw. eines piezoelektrischen Kristalls übergeführt werden. Die Erscheinung der Magnetostriktion, auch Jouleeffekt genannt, besteht darin, daß ein ferromagnetischer Stab, der den Kern einer wechselstromdurchflossenen Spule bildet, im Magnetfeld periodische Längenänderungen erfährt, die sich unabhängig vom Vorzeichen des Feldes je nach der Art und der Vorbehandlung des benutzten ferromagnetischen Stoffes als Verlängerung oder Verkürzung äußern können, wie die in Abb. 2 gezeigten magnetostriktiven Dehnungskurven verschiedener Metalle zeigen. Ist der ferromagnetische Metallstab nicht oder nur wenig vormagnetisiert, so erfolgt die Längenänderung mit der doppelten Frequenz des magnetischen Wechselfeldes; ist der Stab jedoch so stark vormagnetisiert, daß das magnetische Gleichfeld stärker ist als der Scheitelwert des überlagerten Wechselfeldes, so ändert das Gesamtfeld während der Dauer einer Periode des Wechselfeldes lediglich seine Stärke, nicht aber sein Vorzeichen, so daß die elastischen Längenänderungen im Takt der Wechselstromfrequenz vor sich gehen. Der Magnetostriktionseffekt ist temperaturabhängig; er wird mit zunehmender Temperatur geringer und verschwindet beim Curiepunkt. Er stellt außerdem, wie der Piezoeffekt, eine umkehrbare physikalische Erscheinung dar, indem z. B. die Dehnung oder Stauchung eines vormagnetisierten Kobaltstabes eine Verminderung bzw. Verstärkung der Magnetisierung und damit das Auftreten von Induktionsspannungen zur Folge hat. Besonders geeignet zur Verwendung in magnetostriktiven Schwingern sind Stäbe aus reinem Nickel, deren relative Längenänderung in einem Magnetfeld von 1 Gauß Stärke bereits 1 % beträgt. Gut bewähren sich auch Legierungen von 36 % Nickel und 64 % Eisen oder von 68 % Nickel und 28 % Kupfer mit kleinen Zusätzen von Eisen, Silizium, Mangan und Kohlenstoff. Stäbe aus den genannten Stoffen werden zur weiteren Erhöhung der magnetostriktiven Aktivität am besten noch ausgeglüht. Die Schwingungsamplituden des jeweils verwendeten Stabes werden am größten, wenn die Erregerfrequenz mit der elastischen Eigenfrequenz des Stabes übereinstimmt. In diesem Fall werden von den Stabenden kräftige Schallwellen abgestrahlt, deren Frequenz sich aus den Abmessungen des Stabes und den Festwerten des verwendeten Stoffes zu

$$f = \frac{1}{2\,l}\sqrt{\frac{981 \cdot 10^6\,E}{\varrho}} \tag{3}$$

bestimmt, wo l die Stablänge in cm, E der Elastizitätsmodul in kg/mm² und ϱ die Dichte in g/cm³ ist. Die Anregung kann auch in einer Oberschwingung erfolgen; die Schwingungsamplituden sind dann kleiner; die mit einem Stab der Länge l herstellbaren Frequenzen lassen sich nach der allgemeinen Formel

$$f = \frac{n+1}{2\,l}\sqrt{\frac{981 \cdot 10^6\,E}{\varrho}} \tag{3a}$$

berechnen, wo n die Ordnungszahl der Oberschwingung und die Grundschwingung durch $n = 0$ festgelegt ist. Zahlenmäßig ergibt sich z. B. die Eigenfrequenz eines Kobaltstabes von 8 cm Länge zu $16{,}7 \cdot 10^3$ Hz. Den Aufbau eines Magnetostriktionsschallgebers, bei dem die Selbsterregung über den schwingenden Stab erfolgt, veranschaulicht Abb. 3 a. Über den in zwei Punkten (P, P') gelagerten Stab (S) ist am einen Ende die Spule (L) des Anodenkreises einer Dreipolröhre und am anderen Ende eine zwischen Gitter und Kathode dieser Röhre geschaltete Koppelspule (L') geschoben. Infolge der umgekehrten magnetostriktiven Erscheinung wird bei der etwa durch den Einschaltstoß verursachten elastischen Schwingung des Stabes, deren Frequenz durch die Daten des angestoßenen Schwingkreises ($L\,C$) bestimmt ist, in der Koppelspule eine Spannung induziert, welche als Steuerspannung am Gitter der Schwingröhre zur Wirkung kommt und die Schwingung aufrechterhält. Die Eigenfrequenz des Schwingkreises ist veränderbar, um auf die Eigenfrequenz des Stabes abstimmen zu können; beim Schwingungseinsatz geht der Anodenstrom hoch, so daß zur Schwingungsanzeige der Anodenstrommesser benutzt werden kann. Eine andere Schaltung eines magnetostrik-

Abb. 3. Schaltung des magnetostriktiven Schallgebers mit induktiver Rückkopplung (a) und mit Dreipunkterregung (b).

[2]) Phys. Rev. 20 (1932) S. 719.
[3]) ETZ 59 (1938) S. 819.

tiven Schallgebers ist in Abb. 3 b gezeichnet. Der Steuersender ist hier eine Dreipolröhre in gewöhnlicher Dreipunktschaltung. Der ferromagnetische Stab, der wiederum in der Mitte von zwei Schneiden gefaßt wird, bildet den Kern der Schwingkreisspule (L_1); während im vorigen Fall der Anodenstrom die nötige Vormagnetisierung brachte, muß diese nun über eine besondere Hilfswicklung (L_2) vorgenommen werden. Der Schwingungseinsatz wird mittels eines Detektorkreises festgestellt, der mit dem schwingenden Stab über eine weitere Koppelspule (L_3) verbunden ist. Für viele Zwecke genügt es schließlich, den magnetostriktiven Schallgeber periodisch anzuschlagen, so daß er in regelmäßiger Folge impulsförmig Schallwellenzüge aussendet; in solchen Fällen entlädt man einfach periodisch einen Kondensator über die Erregerwicklung des Schwingstabes. Die mit schwingenden Stäben herstellbaren Schallwellen werden an den Enden, also in Richtung der Stablängsachse, abgestrahlt. Für viele Zwecke ist jedoch eine ausgesprochene Richtwirkung unerwünscht; man verwendet dann nach einem Vorschlag von W. Kallmeyer[4]) ein ringförmiges Schwingungsgebilde (Ringspule!), das über eine aufgeschobene Wicklung zu radialen Schwingungen angeregt wird; dieser Schallgeber hat ähnlich einem Vertikaldipol eine gleichmäßige Schallabstrahlung nach allen Richtungen, indem der ferromagnetische Ring im Gleichtakt mit den Steuerschwingungen elastische Dehnungsschwingungen ausführt. Die Frequenz der Grundschwingung und der Oberschwingungen, die sich mit einem solchen Kreisring anregen lassen, bestimmt sich aus der Gleichung

$$f = \frac{1}{2\pi r}\sqrt{\frac{E}{\varrho}\,[1 + (1 - n)^2]}\,, \qquad (4)$$

wo E, ϱ und n die bereits bekannte Bedeutung haben und r der mittlere Ringhalbmesser ist, der im Betriebszustand mit der Steuerfrequenz periodisch seine Länge ändert.

Die oberste Grenze der mit magnetostriktiven Schallgebern noch mit einiger Stärke herstellbaren Schallfrequenzen liegt bei $60 \cdot 10^3$ Hz. Zur Erzeugung noch höherer Schallfrequenzen benutzt man das piezoelektrische Verfahren, das heute das am meisten angewandte Verfahren zur Herstellung ultraakustischer Schwingungen überhaupt ist. Die Arbeitsweise piezoelektrischer Schallgeber beruht auf der Erscheinung des umgekehrten piezoelektrischen Effektes. Von den piezoelektrischen Kristallen wird zur Ultraschallerzeugung fast ausschließlich der Quarz verwendet. Wie in einer früheren Arbeit[4a]) bereits eingehend besprochen wurde, sucht sich ein Schwingquarz, längs dessen elektrischer Achse ein elektrisches Feld wirkt, je nach der Richtung des Feldes in der Richtung der elektrischen Achse auszudehnen oder zusammenzuziehen und gleichzeitig in Richtung der neutralen Achse im Gegensinn zu verformen; bei Benutzung eines Wechselfeldes führt der Kristall elastische Schwingungen im Takt der erregenden Frequenz aus, wobei die Schwingungsweite am größten ist, wenn die Erregung mit einer Eigenfrequenz des Kristalls erfolgt. Dabei nennt man die Schwingungen in Richtung der elektrischen Achse Dickenschwingungen und die Schwingungen in Richtung der neutralen Achse Längsschwingungen; beide Schwingungsarten werden zur Ultraschallerzeugung ausgenutzt, wobei sich im Fall der Dickenschwingung die elastische Eigenfrequenz der Grundschwingung aus der Platten- bzw. Stabdicke d zu

$$f_d = \frac{1}{2d}\sqrt{\frac{E_x}{\varrho}} \qquad (5)$$

und im Fall der Längsschwingung zu

$$f_l = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{E_y}{\varrho}} \qquad (6)$$

[4]) DRP. 620872 (1934).
[4a]) Wie Fußnote 3.

bestimmt, ϱ mit 2,65 g/cm³, E_x mit 8711 kg/mm² und E_y mit 7871 kg/mm² beim Quarz in Rechnung gesetzt. Die Dickenschwingungen eines Quarzes, bei denen die Schallwellen senkrecht von den schwingenden Flächen abgestrahlt werden, benutzt man zur Erzeugung von Schallschwingungen bis zu $50 \cdot 10^6$ Hz; die schwingende Quarzplatte hat dabei nur noch eine Dicke von 0,054 mm, läßt sich also nur zu kleinen Schwingungsweiten anregen. Nicht ganz so weit kommt man mit Längsschwingungen; die oberste Grenze liegt hier bei etwa 10^5 Hz und man muß dabei den Nachteil der kleinen strahlenden Stirnflächen des Kristallstabes in Kauf nehmen. Neben dem Quarz verwendet man zur Ultraschallerzeugung auch den Turmalin; wegen seines im Vergleich zum Quarz höheren Elastizitätsmoduls in Richtung der elektrischen Achse, der sich zu 16 339 kg/mm² angeben läßt, kann man mit Turmalinplatten wesentlich höhere Schallfrequenzen erzeugen; so ist es z. B. gelungen, Turmalinplatten herzustellen, die, in der Grundschwingung angeregt, Schallfrequenzen von $150 \cdot 10^6$ Hz liefern. Wie schon erwähnt, sind bei schwingenden Quarzplatten die senkrecht zur elektrischen Achse liegenden Begrenzungsflächen und bei schwingenden Quarzstäben die Stirnflächen für die Schallabstrahlung von Bedeutung. Im Fall der erwünschten gleichmäßigen Schallabstrahlung müssen diese Flächen Schwingungen nach Art einer Kolbenmembran ausführen. Eingehende Untersuchungen der Schwingungsformen von Schwingquarzen, wie sie u. a. K. Bücks und H. Müller sowie H. Straubel[5]) durchführten, zeigten jedoch, daß die Oberflächen normal geschnittener Quarzplatten sehr ungleichförmige Bewegungen ausführen und daß Quarzstäbe des 90°-Schnittes, bei denen die neutrale (Y) Achse senkrecht auf der elektrischen (X) und der optischen (Z) Achse steht, keineswegs in Richtung der neutralen Achse schwingen; Versuche zeigten, daß Quarzstäbe bevorzugt in einer Richtung schwingen, die mit der optischen Achse einem Winkel von + 71° einschließt, und daß Quarzplatten

Abb. 4. Quarzschnitte: a Schnitt der Elastizitätsfläche eines Quarzes mit der YZ-Ebene, b In der Ultraschalltechnik üblicher Quarzschnitt, c Quarzberandung nach H. Straubel, d Ersatzschaltbild.

[5]) Z. Phys. 84 (1933) S. 75; Z. Hochfrequenztechn. 38 (1931) S. 19.

außerdem noch in einer zweiten Richtung, die mit der optischen Achse den Winkel — 48° einschließt, Längsschwingungen ausführen. Betrachtet man den Verlauf des Elastizitätsmoduls in der durch die optische und die neutrale Achse eines Quarzes gelegten Ebene in Abb. 4 a, so erkennt man, daß in den genannten Richtungen gerade die Grenzwerte der auftretenden Elastizitätsmodule gelten. In der Ultraschalltechnik werden daher Quarzstäbe genommen, deren Schnittlage gemäß den angeführten Versuchsergebnissen die in Abb. 4 b gezeichnete ist. Eine von H. Straubel eingeführte Quarzplattenform, bei der der Abstand der Berandung von der Plattenmitte (Achsenschnittpunkt!) in jeder Richtung proportional der Wurzel aus dem Elastizitätsmodul in der betreffenden Richtung ist, zeigt Abb. 4 c. Die Stirnflächen von Quarzstäben der 71°-Orientierung können in guter Annäherung als Kolbenmembran betrachtet werden[6]); Quarzplatten der gezeichneten Schnittform führen bei Erregung in der Dickenschwingung ziemlich einheitliche Bewegungen aus.

In allen piezoelektrischen Ultraschallgebern, bei denen es auf die Erzeugung möglichst großer Schwingungsintensitäten ankommt, arbeitet der Quarz als Resonator, d. h. man drückt dem Kristall eine Wechselspannung auf, die seiner Eigenfrequenz entspricht. Der Quarz liegt dabei parallel zum Schwingkreiskondensator des elektrischen Steuersenders; die einfache Schaltung eines derartigen Schallsenders zeigt Abb. 5 a. Die Anordnung eines Röhrensenders mit induktiver Rückkopplung und induktiv angekoppeltem Quarz zeigt Abb. 5 b. Die Größe der Energieausbeute ist bei piezoelektrischen Schallgebern vor allem von der Anordnung der Elektroden und der Beschaffenheit der verwendeten Elektrodenstoffe abhängig. Zur Erzielung rein harmonischer Schwingungen ist eine freie Aufhängung der Schwingquarze notwendig, wie sie für Quarzplatten und Quarzstäbe in Abb. 6 a und b gezeigt ist; bei dieser von R. Bechmann[7]) angegebenen Befestigungsart ist die Quarzplatte in der Knotenebene mit einer Rille versehen (R), in die an drei Punkten Stellschrauben (S) greifen; die Spannungszuführung erfolgt kapazitiv über Metallringe (M_1, M_2). Der Quarzstab liegt ebenfalls in seiner Knotenebene zwischen zwei Stellschrauben, die in den Metallelektroden sitzen. Zur Erzeugung sehr kräftiger ultraakustischer Schwingungen werden Quarze im Ölbad benutzt, da die Schallabstrahlung um so besser ist, je näher das Verhältnis der Schallwiderstände (Produkt aus Schallgeschwindigkeit und spez. Dichte) von Schallgeber und angrenzendem Medium dem Wert 1 kommt. Von größter Wichtigkeit ist auch hier die richtige Lagerung des Quarzes und die Verwendung passender Elektrodenstoffe. Nach den Feststellungen von H. Freundlich, K. Söllner und F. Rogowski[8]), die kreisrunde Quarzplatten benutzten, eignen sich als Elektroden am besten Bleiplatten und Messingringe. Der Quarz liegt auf der Bleiplatte, die ihrerseits auf Glasfüßen auf dem Boden des Öltroges festsitzt und bei zylindrischer Form zweckmäßig 20 mm stark ist und etwa den gleichen Durchmesser wie der Quarz hat. Der Messingring, der als zweite Elektrode leicht auf dem Quarz aufliegen soll, wird am besten etwas kleiner gewählt als die Quarzplatte, um Überschlägen zwischen den Elektroden vorzubeugen. Sein günstigster Ausschnitt muß von Fall zu Fall empirisch ermittelt werden; für eine Quarzplatte von 60 mm Dmr. z. B. bewährten sich gut 0,5 mm starke Ringe mit 58 mm äußerem und 42 mm innerem Durchmesser. Beim Zusammenbau eines solchen Quarzsystems ist genauestens darauf zu achten, daß die Teile gut aneinanderhaften und keine Luft in der Zwischenschicht eingeschlossen ist, um Funkenbildung zu verhindern. Als bestes Öl erwies sich reines Paraffinöl, praktisch sehr brauchbar sind jedoch auch gute Transformatorenöle. Bei Benutzung von Quarzscheiben mit einem Durchmesser von 60 mm und einer Dicke von 8 mm, entsprechend einer Eigenfrequenz von $210 \cdot 10^3$ Hz, d. h. einer elektrischen Wellenlänge von 1400 m, konnten Freundlich, Söllner und Rogowski bei einer im beschriebenen Aufbau am Quarz liegenden Hochfrequenzspannung von 34 000 V eine Schallenergie von 300 W erzeugen, was besagt, daß die Quarzplatte 10 W/cm² abstrahlte; bei diesem Energieumsatz trat ein homogener Ölsprudel von 10 cm Höhe auf.

Abb. 5. Schaltung des piezoelektrischen Schallgebers in Dreipunkterregung (a) und bei induktiver Ankopplung (b).

Abb. 6. Halterung einer Quarzplatte (a) und eines Quarzstabes (b); Schaltung eines piezoelektrischen Schallempfängers (c).

Zum Nachweis ultraakustischer Schwingungen sind mechanische und thermische sowie optische und elektrische Verfahren entwickelt worden. Bei den elektrischen Schallempfängern werden in erster Linie wieder Piezoquarze genommen, die durch die auftreffenden Schallwellen von der Frequenz einer Eigenschwingung des Quarzes zu elastischen Schwingungen angeregt werden, so daß sich ihre Flächen infolge des direkten Piezoeffektes aufladen. Da nun Empfangsquarze auf die Senderfrequenz mechanisch kaum genauer als 1 ‰ abgeglichen werden können, so daß bei der sehr geringen Dämpfung und damit sehr hohen Selektivität der Quarze Empfang in vielen Fällen nicht möglich wäre, muß man elektrisch abstimmen. Eine Möglichkeit hierzu besteht in der Änderung des Abstandes einer Elektrode von der Quarzoberfläche, wie das Ersatzschaltbild des Piezoquarzes in Abb. 4 d veranschaulicht, in der mit L, C und R Induktivität, Kapazität und ohmscher Widerstand des Quarzes, mit C_1 die statische Quarzkapazität und mit C_2 die Kapazität zwischen den Elektroden und der Quarzoberfläche bezeichnet ist. Ändert man den Elektrodenabstand a um δa, so ändert sich die Eigenfrequenz des Ersatzkreises und damit des Quarzes nach W. D. Dye[9]) um

$$\delta f = \frac{f\,d}{300} \cdot \frac{\delta a}{(a + d/\varepsilon)^2 + \delta a\,(a + d/\varepsilon)}, \qquad (7)$$

wo f die Ausgangsfrequenz, d die Quarzdicke und $\varepsilon = 4{,}3$ die Dielektrizitätskonstante des Quarzes ist. Demnach entspricht z. B. einer Abstandsänderung um 1 mm bei einem Ausgangsplattenabstand von 3,5 mm eine relative Frequenzänderung um 0,28 ‰. Die Schaltung eines piezoelektrischen Empfängers, wie er von P. T. Abello[10]) benutzt wurde, zeigt Abb. 6 c. Die durch die einfallenden Schallschwingungen am Quarz hervorgerufenen Wechsel-

[6]) Z. Phys. 84 (1933) S. 75.
[7]) Telefunkenztg. 14 (1934) H. 63. S. 17.
[8]) Kolloid-Beihefte 37 (1933) S. 223.
[9]) Proc. phys. Soc., Lond. 38 (1926) S. 399.
[10]) Canad. J. Research 3 (1930) S. 491.

spannungen werden hier zunächst verstärkt und dann mittels eines rückgekoppelten Audions gleichgerichtet und als Schwebungston hörbar gemacht. Für die Zwecke der Echolotung wird meist der als Schallsender benutzte Quarz auch als Empfänger verwendet, indem die Rückwirkung der reflektierten Schallwellen auf den Schwingungsvorgang beobachtet wird; diese ist immer dann am größten, wenn die zurückkommende Welle die entgegengesetzte Oberflächenbewegung auslöst, als sie gerade durch den Anregungsvorgang bedingt ist. Die Rückwirkungshöchstwerte wiederholen sich bei einer Verschiebung des Reflektors um $n\lambda/2$ ($n = 1, 2, 3 \ldots$). Beobachten läßt sich die Rückwirkung mittels eines Röhrenvoltmeters, das die Spannung an den Quarzelektroden mißt, oder mittels eines Thermoanzeigers, der den Hochfrequenzstrom durch den Kristall anzeigt. Neuere Entwicklungsarbeiten erwiesen auch die praktische Brauchbarkeit von Magnetostriktionsstäben für Empfangszwecke; die höchste Frequenz, auf die solche Stäbe noch ansprechen, liegt bei etwa $30 \cdot 10^3$ Hz.

Ohne auf die Nachweisverfahren mechanischer, thermischer oder optischer Natur näher eingehen zu wollen, sei nur angegeben, wie mit Hilfe von zwei dieser Verfahren die Schallstärke und die Schallwellenlänge, Bestimmungsgrößen, wie sie in der Praxis von Bedeutung sind, gemessen werden können. Die Schallstärke, begrifflich festgelegt als die in der Zeiteinheit durch einen Quadratzentimeter hindurchtretende Schallenergie und gemessen in mW/cm², läßt sich gemäß der Rayleighschen Gleichung

$$I = \frac{2Sv}{k+1} \tag{8}$$

aus dem Schallstrahlungsdruck (S), der Schallgeschwindigkeit (v) und dem Verhältnis $\frac{c_p}{c_v} = k$, dem sogenannten Exponenten der Adiabate (c_p spezifische Wärme bei konstantem Druck, c_v spezifische Wärme bei konstantem Volumen für das Ausbreitungsmedium) bestimmen. Der Strahlungsdruck wird mechanisch mittels einer Torsionswaage gemessen. An dem Balken einer solchen in Abb. 7 a dargestellten Waage ist auf der einen Seite ein Glimmerplättchen befestigt, auf das der Schallstrahl auftrifft, während die andere Seite ein Gegengewicht trägt. Der Strahlungsdruck ist um so größer, je vollkommener die Reflexion am Flügelplättchen ist. Dabei sind Beugungserscheinungen infolge der Kleinheit der Schallwellen nicht zu befürchten. Die Theorie, nach der sich der Reflexionsgrad bei senkrechtem Einfall einer Schallwelle auf eine Platte der Dicke d, der Dichte ϱ_2 und der Schallgeschwindigkeit v_2 in einem Medium der Dichte ϱ_1 und der Schallgeschwindigkeit v_1 zu

$$R = \frac{\left(\frac{\varrho_1 v_1}{\varrho_2 v_2} - \frac{\varrho_2 v_2}{\varrho_1 v_1}\right)^2}{\left\{4 \operatorname{ctg}^2 \frac{2\pi d}{\lambda_2} + \left(\frac{\varrho_1 v_1}{\varrho_2 v_2} + \frac{\varrho_2 v_2}{\varrho_1 v_1}\right)^2\right\}} \tag{9}$$

errechnet (λ_2 Schallwellenlänge im reflektierenden Stoff), bekundet, daß die Reflexion annähernd total ist, wenn die Dicke des Reflektors, im vorliegenden Fall also die Dicke des Torsionsflügels, $\frac{2n-1}{4}\lambda_2$ ist; bei Benutzung derart bemessener Platten ist der Reflexionsgrad ferner um so größer, je größer der Quotient der Schallwiderstände $\left(\frac{\varrho_1 v_1}{\varrho_2 v_2}\right)$ ist. Bei Schalldruckmessungen in Flüssigkeiten benutzte R. W. Boyle[11]) als reflektierende Torsionsflügel zwei Glimmerscheiben mit einer Luftzwischenschicht und erhielt so einen Reflexionsgrad von 100 %. Die zweite zur Intensitätsbestimmung wichtige Größe ist die Schallgeschwindigkeit; sie bestimmt sich aus den Zustandsgrößen der Stoffe in Gasen zu $v_g = \sqrt{\frac{RTk}{M}}$ und in Flüssigkeiten zu $v_f = \sqrt{\frac{k}{\varrho\chi}}$, wo R die Gaskonstante, T die absolute Temperatur, M das Molgewicht, k der Exponent der Adiabate, ϱ die mittlere Dichte, χ die Kompressibilität bei konstanter Temperatur ist. Die Wellenlänge läßt sich bei Kenntnis der Schallgeschwindigkeit im fraglichen Stoff leicht berechnen. Sie läßt sich aber auch, wie schon erwähnt, empirisch messen durch Bestimmung des Abstandes zweier Rückwirkungshöchstwerte. Ein anderes in Flüssigkeiten anwendbares Meßverfahren benutzt die Eigenschaft der Ultraschallwellen, die sich als regelmäßige Folge von Verdichtungen und Verdünnungen darstellen lassen, als optische Strichgitter zu wirken[12]). Auf Grund dieses nach den Entdeckern benannten Debye-Sears-Effektes, auf dem auch die Möglichkeit der Verwendung von Ultraschallzellen zur Lichtsteuerung und Bildzusammensetzung beim Fernsehempfang[12a]) beruht, erhält man beim Durchgang einfarbigen, von einem Spalt ausgehenden Lichtes durch eine Flüssigkeit oder einen durchsichtigen Festkörper, in der bzw. dem sich senkrecht zur Einfallsrichtung des Lichtes Schallwellen fortpflanzen, auf einem Schirm hinter dem durchleuchteten Stoff fortlaufende Beugungsbilder des Spaltes (Streifenbilder), die bei stroboskopischer Beleuchtung als Streifen mit dem gegenseitigen Abstand λ zu sehen sind. Eine solche Beleuchtung läßt sich nach Ch. Bachem[13]) sehr gut mittels einer Kerrzellenanordnung, die von der den Quarz anregenden elektrischen Schwingung gesteuert wird, bewerkstelligen. Eine besonders für Schulversuche geeignete Versuchsanordnung zur Sichtbarmachung fortschreitender Ultraschallwellen zeigt Abb. 7 b. Die optische Anordnung zur Sichtbarmachung von stehenden Ultraschallwellen nach E. Hiedemann[14]) zeigt Abb. 7 c.

Abb. 7. Drehwaage zur Schalldruckmessung (a); Anordnung zur Sichtbarmachung fortschreitender (b) und stehender (c) Ultraschallwellen.

Anwendung der Ultraschallwellen.

Eines der Hauptanwendungsgebiete des Ultraschalls betrifft die Nachrichtenübermittlung. Daneben haben Ultraschallwellen auch chemische Wirkungen, die ihre Verwendung als Prüfmittel in der Werkstoffchemie ermöglichen. Thermische und biologische Wirkungen lassen Erscheinungen zustandekommen, die für die Brauchbar-

[11]) Phys. Rev. 31 (1928) S. 157 u. 1083.
[12]) L. Bergmann: „Der Ultraschall" S. 54, VDI-Verlag, Berlin 1938.
[12a]) ETZ 59 (1938) S. 832.
[13]) Z. Phys. 87 (1937) S. 738.
[14]) Umschau 42 (1938) S. 859.

keit der Ultraschallwellen zu therapeutischen Zwecken sprechen.

Ultraschall als Nachrichtenmittel. — Von großer Bedeutung zur Nachrichtenübermittlung von Schiff zu Schiff sind Unterwasserschallgeber, die vor allem für U-Boote große Bedeutung gewonnen haben. Solche Schallgeber können bei Modulation der den Quarz erregenden Schwingung als Telephoniesender verwendet werden; einfacher ist die Anwendung zu Telegraphiezwecken. Die technische Ausführung eines derartigen Senders zeigt Abb. 8. Bei dieser von Langevin und Florison entwickelten Anlage, die mit einer Frequenz von $37{,}5 \cdot 10^3$ Hz arbeitet, liegt eine 2 mm starke Quarzmosaikplatte (Q) mit einem Durchmesser von 20 cm zwischen zwei 30 mm starken Stahlplatten (S_1, S_2); da Stahl und Quarz fast die gleiche Schallgeschwindigkeit haben, schwingt das Stahl-Quarz-System als ein einheitliches Ganzes und kann als schwingende Platte der Dicke 6,2 cm aufgefaßt werden. Das ganze Gerät ist am Schiffsrumpf ausfahrbar befestigt; seine Reichweite wird zu 15 km angegeben. Betrachtet man einen schwingenden Quarz als kreisförmige Kolbenmembran, so erhält man für den Öffnungswinkel Θ des Kegels, in dem der Hauptstrahl verläuft, die Beziehung

Abb. 8. Schallsender nach Langevin und Florison.

$$\Theta = \text{arc}\sin 1{,}22\,\lambda/R\,, \tag{10}$$

wo λ die Schallwellenlänge und R der Membranhalbmesser ist. Im Fall des Langevin-Florison-Senders erhält man also in Wasser eine Energiebündelung in einen Kegel von etwa 28° Öffnungswinkel. Allgemein zeigt Gleichung (10), daß die Bündelung bei Ultraschallsendern um so größer ist, je kleiner die Schallwellenlänge ist, mit der gearbeitet wird, und je größer die strahlende Fläche ist. Zahlenmäßig ergibt sich z. B. bei Verwendung einer Quarzmosaikplatte von 25 cm Durchmesser und einer Schallfrequenz von $500 \cdot 10^3$ Hz bereits eine Schärfe von 1,5° im Wasser. Bezüglich der mit Ultraschallwellen erzielbaren Reichweiten läßt sich allgemein sagen, daß die Reichweite mit zunehmender Schallfrequenz abnimmt und in Luft bedeutend kleiner ist als in Wasser. So ist die Schallstärke bei Schwingungen von $10 \cdot 10^3$ Hz z. B. in Luft nach 220 m, in Wasser nach 400 km auf den Halbwert abgefallen; Schallschwingungen von $100 \cdot 10^3$ Hz sinken in Luft bzw. in Wasser bereits nach 220 cm bzw. 4 km auf den Halbwert ab; für Schallschwingungen von $1000 \cdot 10^3$ Hz endlich sind im gleichen Sinn Reichweiten von nur noch 2,2 cm bzw. 40 m zu erwarten. Außer zur Nachrichtenübermittlung werden Ultraschallwellen in der Seeschiffahrt auch zu Tiefenmessungen benutzt. Der Aufbau eines für diese Zwecke praktisch benutzten Gerätes ist in Abb. 9 dargestellt. Der Schallsender (S) dieser Anlage wird mittels einer Nockenscheibe (N) kurzzeitig getastet (T), wobei die Tastfrequenz durch die Drehzahl eines mit einem Fliehkraftregler (F) versehenen Motors (M) bestimmt ist. Der ausgesandte Impuls wird am Meeresboden reflektiert und trifft nach der Hin- und Rücklaufzeit den Empfänger (E) der Anlage; die hier auftretenden Wechselspannungen werden verstärkt (Verstärker J) und zur Zündung einer auf der Motorachse sitzenden Glimmlampe (G) benutzt. Ist als Nullpunkt die Lage der Glimmlampe festgelegt, bei der der Sender getastet wird, so ist durch den Abstand des Aufleuchtpunktes von diesem Punkt die Laufzeit und damit die Meerestiefe festgelegt. Dieses Verfahren der Echolotung wird auch zur Bestimmung des Meeresbodenprofils (Registrierlot) und in der Hochseefischerei sogar zur Feststellung von Fischschwärmen[15]) benutzt.

Chemische Wirkungen des Ultraschalls. — Von besonderer praktischer Bedeutung ist die dispergierende Wirkung ultraakustischer Schwingungen. Am deutlichsten tritt diese Erscheinung bei Öl und Wasser zutage, die, in einem Reagenzglas übereinandergeschichtet, in ein Ultraschallfeld gebracht werden; es zeigt sich hier, daß sich diese an sich nicht mischbaren Flüssigkeiten unter dem Einfluß der Schallwellen in Emulsionen verwandeln. Bei Benutzung großer Schallintensitäten lassen sich auch Emulsionen von Quecksilber, Blei, Kupfer und Silber in Wasser herstellen. Alle auf diese Weise gebildeten Emulsionen sind sehr haltbar. Praktisch verwertet hat B. Klaus diese Erscheinung zur Zerstäubung von Bromsilber in Gelatine; er erhielt so photographische Emulsionen fast ohne Kornzusammenballungen, in denen das Halogensilber äußerst gleichmäßig und mit einem hohen Dispersionsgrad verteilt war.

Abb. 9. Ultraschall-Echolot.

[15]) Fischmarkt 2 (1934) S. 204.

Die von Klaus[16]) benutzte Zerstäubungsanordnung zeigt Abb. 10. Zwei Quarzplatten gleicher Eigenfrequenz (Q_1, Q_2) liegen zwischen Metallelektroden (E_1, E_2) auf dem Zwischenboden (B') eines mit reinem Paraffinöl als Übertragungsmittel gefüllten Gehäuses (G) aus Isolierstoff; sie können zur Veränderung der Schallfrequenz ausgewechselt werden. Der untere Gefäßteil (U) ist mit Transformatorenöl gefüllt und enthält einen Teslastransformator (T); die geringzahligen äußeren Windungen (W) desselben sind angezapft, und es entsteht so eine dritte Anschlußstelle (A_3), die mit Anfang (A_1) und Ende (A_2) der äußeren Wicklung bzw. den Anoden-, Gitter- und Kathodenpunkt der Röhre eines Senders in der Dreipunktschaltung bildet. Die Enden der inneren Spule (W') führen zu den Quarzelektroden, deren eine (E_1) ebenso wie das eine Ende der Koppelspule am metallischen Gefäßmantel (M) liegt. In den oberen Gefäßteil wird der zu behandelnde Gegenstand, in einem Trog befindlich (G'), getaucht. Die Temperatur des Übertragungsöles ($Ü$) kann mittels Heiz- und Kühlröhren (T') geregelt werden. Dieses zur Erzeugung kräftiger Ultraschallwellen in Flüssigkeiten hervorragend geeignete Gerät kann mit Vorteil bei zahlreichen chemischen Untersuchungen verwendet werden.

Abb. 10. Aufbau einer Ultraschall-Zerstäubungsanordnung (nach B. Klaus).

Eine weitere chemische Wirkung ultraakustischer Schwingungen besteht in der Herbeiführung einer kräftigen Durchmischung vieler Legierungen, die als Schmelzen nicht mischbar sind, wie z. B. Eisen-Blei, Alu-Blei oder Kupfer-Blei. Die unter Ultraschalleinwirkung erstarrten Schmelzen zeigen ein sehr feines Gefüge[17]). Die Einwirkung von Ultraschall auf einfache Metallschmelzen untersuchte S. Sokoloff[18]); er konnte feststellen, daß Anschliffe von Metallen, die in einem Schallfeld der Frequenz $700 \cdot 10^3$ Hz erstarrt sind, ein wesentlich feineres Gefüge aufweisen als normal erstarrte Schmelzen. Man konnte ferner auch Einflüsse des Ultraschalls auf Metalle in festem Zustand feststellen, die nicht ohne praktische Bedeutung sind und sich in einer Gefügelockerung auswirken. So zeigte H. E. Hollmann[19]), daß in magnetischen Nickelstäben bei Bestrahlung mit Ultraschall eine Lockerung der Molekularmagnete eintritt und daß derart behandelte Stäbe sehr leicht ummagnetisiert werden können. Weiterhin hat die Auflockerung des Kristallgefüges im Ultraschallfeld zur Folge, daß sich Veredelungsverfahren von Stählen bei Verwendung von Ultraschallschwingungen mit besserer Wirkung durchführen lassen. Nachgewiesen hat diese Tatsache G. Mahoux[20]) bei der Stickstoffhärtung eines Stahls mit 0,3 % Kohlenstoff-, 1,12 % Alu- und 1,43 % Mangangehalt, indem er feststellen konnte, daß sich bei der Härtungstemperatur von 550° bei Einwirkung von Schallwellen in relativ kurzer Zeit Eindringtiefen erreichen lassen, die bei nicht schallbeeinflußter Reaktion auch nach längerer Wirkungsdauer nicht zustande kommen.

Abb. 11. Materialprüfanordnung: a Versuchsaufbau. b Anlage nach S. J. Sokoloff.

Eine andere, praktisch wichtige Wirkung ultraakustischer Schwingungen ist die Erscheinung der Kavitation, die sich in einer Hohlraumbildung in der bestrahlten Flüssigkeit äußert. In diese Hohlräume, die durch Zerreißen der Flüssigkeit oder der Schmelze im Ultraschallfeld entstehen, können die in dem Stoff gelösten Gase einströmen, um gesammelt als Gasblasen aufzusteigen. Unterstützt wird dieser Entgasungsvorgang noch durch die Tatsache, daß sich im Wellenzug neben Verdichtungsstellen gleichzeitig Verdünnungsstellen ausbilden, in denen sich infolge des hier herrschenden Unterdrucks vorhandene Gasbläschen ansammeln können. Nach Messungen von Ch. Sörensen[21]) wäre zur Austreibung von 1 cm³ Gas aus luftgesättigtem Wasser bei $194 \cdot 10^3$ Hz eine Schallenergie von 51,2 kW, bei $380 \cdot 10^3$ Hz eine solche von 72,6 kW und bei 530 kHz eine solche von 87,4 kW nötig. Dabei setzt der Vergasungsvorgang nur bei einem bestimmten kritischen Außendruck ein, der bei luftgesättigtem Wasser etwa 4,5 at beträgt. Veröffentlichungen über praktische Erfahrungen bei der Entgasung von Metallschmelzen liegen z. Z. noch nicht vor.

Materialprüfung mit Ultraschall. — Hier handelt es sich vor allem um die Zustandsprüfung metallischer Werkstoffe der festen Phase. Da Metalle für Ultraschallwellen sehr durchlässig sind, lassen sich Inhomogenitäten, wie sie auf Grund irgend welcher Umwandlungs-, Ausscheidungs- oder Zerfallsvorgänge beim Erstarren der Schmelze oder durch nachträgliche mechanische Beanspruchung verursacht sein können, als Reflexions- bzw. Absorptionsstellen gut nachweisen. Eine wichtige Rolle spielt bei diesen Untersuchungen der schallübertragende Stoff; um Reflexionen zu vermeiden, muß dessen Schallschnelle (ϱv) dieselbe Größe haben wie beim zu untersuchenden Gegenstand; dieser Bedingung, die ohne weiteres aus Gl. (9) folgt ($R = 0$), genügt gegenüber Metallen am besten Quecksilber; so hat z. B. Eisen eine Schallschnelle von $39 \cdot 10^5$ g/cm²s und Quecksilber eine solche von $19 \cdot 10^5$ g/cm²s, was gemäß Gl. (9) einen Reflexionsgrad von 10 % bedingt. Einfacher ist die Anwendung von Öl; es ergibt sich hierbei aber ein Reflexionsgrad von fast 88 %. Eine einfache Materialprüfanordnung ist in Abb. 11a dargestellt. Das Werkstück (W) ist hier über eine dünne Ölschicht (S) an den Schwingquarz angedrückt; das andere Ende des Werkstückes stößt an ein Gefäß mit Wasser (W), die Schallwellen treten also nach Durchsetzen des Werkstückes in die Flüssigkeit aus; wird diese im angegebenen Sinn durchleuchtet, so entstehen auf einem Schirm (F) Beugungsspektren, deren Helligkeit von der Stärke der Schallwellen im Trog abhängt und damit beim Abtasten des ganzen Werkstückes ein Kriterium für das Vorhandensein reflektierender bzw. absorbierender Inhomogenitäten darstellt. Die praktische Ausführung einer Einrichtung zur Materialprüfung mit Ultraschall zeigt

[16]) Z. techn. Phys. 27 (1935) S. 202.
[17]) Z. Metallkde. 28 (1936) S. 293.
[18]) Acta physicoch. UdSSR. 3 (1930) S. 939; Elektr. Nachr.-Techn. 6 (1929) S. 454.
[19]) Naturwiss. 23 (1935) S. 35.
[20]) C. R. Acad. Sci. Paris 191 (1930) S. 1328.
[21]) Ann. Phys., Lpz. 26 (1936) S. 121.

Abb. 11 b. Zwischen zwei Metallplatten (S_1, S_2) von 200 mm Dmr. und rd. 30 mm Dicke befindet sich ein aus kleinen, etwa 5 mm dicken Quarzplättchen zusammengesetztes Quarzmosaik (Q). Dieser Resonator sitzt in einem mit Öl gefüllten zylindrischen Glasgefäß (G). Auf die Oberfläche des Resonators ist Quecksilber als Übertragungsmittel gegossen, das mit einer Ebonitplatte (P) bedeckt ist. Das Werkstück (W) ist durch ein Loch in der Ebonitplatte (L) mit dem Quecksilber verbunden. Auf seiner oberen Fläche befindet sich in einer flachen Schale mit plangeschliffenem Boden, die über eine feine Ölhaut angedrückt ist, eine etwa 4 mm hohe Ölschicht. Bei Erregung des Resonators gerät die Ölschicht in Bewegung; zunächst erkennt man daran, daß die Schwingungen das Werkstück durchdringen. Zur genauen Kenntlichmachung der Bewegungsunterschiede beim Abtasten eines Werkstückes läßt man ein paralleles Lichtbündel (L) schräg auf die Ölschicht fallen und beobachtet man auf einem Schirm (A) den reflektierten Lichtfleck (L'). Seine Struktur ändert sich mit der Stärke der Oberflächenbewegung des Ölspiegels, so daß sich beim Abtasten eines Werkstückes Inhomogenitäten als mehr oder weniger augenfällige Strukturänderungen eines Lichtfleckes kenntlich machen.

Einige biologische Wirkungen von Ultraschallwellen. — Auf die biologischen Wirkungen des Ultraschalls kann im Rahmen dieser Arbeit nur kurz eingegangen werden. Die ersten Beobachtungen dieser Art machte bereits Langevin, der feststellen konnte, daß kleine, ins Ultraschallfeld geratene Fische zunächst in Unruhe gerieten und bei stärkerer Anregung des Resonators getötet wurden. Eingehende Untersuchungen, wie sie vor allem R. W. Wood und A. L. Loomis[21a]) durchführten, zeigten, daß Ultraschallwellen auf die roten Blutkörperchen zerstörend einwirken; die mikroskopischen Beobachtungen ließen erkennen, daß die roten Blutkörperchen im Schallfeld langsam verformt und schließlich zerrissen und in kleine Teile zerlegt werden. Weitere interessante Beobachtungen machten Freundlich, Söllner und Rogowski[22]); sie brachten unter Verwendung der bereits erwähnten Versuchsanlage einen Röhrenknochen mit seinem unteren Ende in den Ölsprudel und konnten nach einigen Minuten Einwirkungsdauer mittels Thermoelementen, die an verschiedenen Stellen durch Bohrlöcher ins Knochenmark gesteckt waren, eine Temperaturerhöhung im Markkanal feststellen; die Erwärmung des Knochenmarks war dabei nicht durch Wärmezufuhr aus dem Ölsprudel entstanden; wurde nämlich der gleiche Knochen in warmes Öl getaucht, so war die Marktemperatur bei gleicher Einwirkungsdauer bereits in ganz kleiner Entfernung von der Tauchgrenze unverändert geblieben. In weiteren Versuchen wurden zwei durch ein Gelenk miteinander verbundene Röhrenknochen (Ober- und Unterschenkelknochen) ins Ultraschallfeld im Ölsprudel gebracht; getaucht wurde dabei das obere Ende des Oberschenkelknochens. Wiederum konnte eine starke Erwärmung des Knochenmarkes nachgewiesen werden; die Temperaturerhöhung im Markkanal betrug etwa 10° und bestand in beiden Knochen; die Schallenergie übertrug sich also über das Gelenk hinweg. Es liegt daher der Gedanke nahe, starke ultraakustische Schwingungen für die Zwecke einer Tiefentherapie zu verwenden, wie dies zur Behebung von Ohrenleiden[23]) mit einigem Erfolg verschiedenen Orts bereits geschehen ist. Erwähnt werden sollen schließlich die von N. Harvey[24]) durchgeführten Untersuchungen über den Einfluß ultraakustischer Schwingungen auf die Herztätigkeit. Harvey brachte schlagende Herzen von Fröschen und Tauben in einem Glas mit Ringerscher Lösung (0,65 % Na, 0,014 % K, 0,014 % Ca, 0,02 % HCO_3) in das Ölbad eines Ultraschallgebers; am Quarz dieses Senders lag eine hochfrequente Steuerspannung mit einer Frequenz von $340 \cdot 10^3$ Hz und einer Spitzenspannung von 50 kV; die Temperatur des Ölbades wurde innerhalb ± 2° C auf 18° C festgehalten, so daß das Auftreten von Temperatureinflüssen ausgeschlossen war. Es konnte bei den Untersuchungen an lebenden Herzen festgestellt werden, daß im Ultraschallfeld die Herzschläge kräftiger und schneller wurden, was vor allem auf eine Anregung des Herzmuskels zurückgeführt wird. Daneben konnte aber auch ein stillstehendes Herz bei Behandlung im beschriebenen Sinn wieder in Gang gesetzt werden. Eine Folgerung aus dem zuletzt genannten Versuchsergebnis für die allgemeine Praxis ist jedoch kaum möglich, da es nicht möglich ist, Schallwellen durch den Brustkorb zum Herzen zu bringen, weil in den vorgelagerten Geweben starke Absorptionen eintreten.

[21a]) Wie Fußnote 19.
[22]) Klin. Wochenschrift 11 (1932) S. 1512.
[23]) Hals-, Nasen- und Ohrenheilkde. 31 (1932) S. 390; 34 (1934) S. 237.
[24]) J. Physiolog. (1929) S. 284.

Zusammenfassung.

Ultraakustische Schwingungen lassen sich auf mechanische und auf elektrische Weise herstellen. Das praktisch gebräuchlichste Verfahren bedient sich der elastischen Schwingungen piezoelektrischer Kristalle, die von einem Röhrensender angeregt werden. Zum Nachweis von Ultraschallwellen eignen sich grundsätzlich die gleichen Mittel, wie sie zur Schwingungserzeugung benutzt werden. Einige praktische Ausführungsformen von Ultraschallgebern und Ultraschallempfängern und ihre Wirkungsweise werden beschrieben. Die praktische Bedeutung des Ultraschalls für die Technik wird an Hand von Anwendungsbeispielen erklärt und schließlich ein Ausblick auf die biologischen Wirkungen des Ultraschalls gegeben.

Das Solutierverfahren zur Vergasung von Metallen im Lichtbogenofen.

DK 621.365.2 : 669.4/5

Das Solutierverfahren¹) bezweckt die schlagartige Vergasung von Metallen im Lichtbogenofen durch hohe Energiekonzentration, um dadurch bei Erreichung hochwertiger Erzeugnisse an Herstellungszeit und Betriebskosten zu sparen. Ein Großerzeugungsofen mit einer Vergasungsleistung von 7,2 t Blei in 24 h bei einem Brennraum von 30 l erreicht eine Energiekonzentration von 200 kW (bei gleichem Brennraum bei Widerstandsheizung 10 bis 20 kW). Die Schwierigkeit liegt darin, die hohe Energiedichte einzuhalten, welche von der genauen Einhaltung der Bedingungen des Lichtbogens und der richtigen Handhabung der Rohstoffzufuhr abhängt. Die Kosten für Ofenmauerung und Elektrodenverbrauch sind sehr gering, die letzteren betragen etwa 0,1 kg je Tonne Blei. Der Ofen verbraucht etwa 600 kWh/t.

Die Herstellung von Bleimennige, die früher 2 bis 8 Tage dauerte, geht bei diesem Verfahren augenblicklich vor sich. Monatlich 200 t Blei zu Solutiermennige mit 40 % Schwerspatzusatz und 18 % Leinölzusatz zu verarbeiten, kostet rd. 110 000 RM. Das sind praktisch etwa 50 % der Herstellungskosten von gewöhnlicher Handelsware. Durch die Verwendung von Solutierbleipulvern feinster Oberflächenbeschaffenheit für Akkumulatoren hat man bei Vorversuchen die Kapazität um 20 % erhöhen und das Plattengewicht um 20 % verringern können. Auch bei der Herstellung von Bleiweiß wird der Bildungsprozeß von 4 bis 6 Wochen auf geringste Zeitdauer abgekürzt. Zinkweiß ist ein wichtiger Rohstoff für die Gummi- und Bunaherstellung. Durch die besondere Feinheit des Werkstoffes lassen sich besonders hochwertige Gummierzeugnisse herstellen. Der Verfasser¹) erläutert dann eine Anlage für die Herstellung von Bleimennige. Das Blei wird in einem 15 kW-Widerstandsofen mit 1000 kg Inhalt und einem Durchsatz von 500 kg/h geschmolzen. Aus diesem Ofen fließt das flüssige Metall stetig bei gleicher Temperatur in einen 200 kW-Lichtbogenofen. Das Metall wird schlagartig vergast, abgesaugt, in eine entsprechende chemische Atmosphäre geleitet und in elektrisch geheizten Kesseln (selbsttätige Regelung) von 300 kW bei 500° C niedergeschlagen. *Kps.*

¹) H. Masukowitz, Elektrowärme 8 (1938) S. 233; 6 S., 9 Abb.

Leistungsbemessung der Fahrmotoren elektrischer Triebfahrzeuge.

Von **Hans Kother** VDE, Berlin.

DK 621.333.016

Übersicht. Zur Untersuchung des Beschleunigungsvermögens elektrischer Triebfahrzeuge wird eine einfache Beziehung aus den Bewegungsgesetzen von Eisenbahnzügen abgeleitet, die dazu dient, die Mindestgröße der Fahrmotorenleistung und die günstigste Übersetzung zwischen Motor und Treibachse zu ermitteln. Das Verfahren wird auf einen dreiteiligen Schnelltriebwagen angewendet und für Gleich- und Wechselstrommotoren durchgeführt. Hieraus können Schlüsse auf die zweckmäßigen Anwendungsgebiete des Gleich- und Wechselstromsystems gezogen werden.

Grundlagen der Untersuchung: Leistungskennlinien von Gleich- und Wechselstrombahnmotoren für Triebwagen und Lokomotiven.

Alle Triebfahrzeuge haben die Eigenschaft, daß ihr Beschleunigungsvermögen mit wachsender Fahrgeschwindigkeit mehr oder weniger stark abnimmt. Man hat darin einen großen Mangel erblickt, bis durch eingehende Untersuchungen der Deutschen Reichsbahn u. a. festgestellt wurde, daß z. B. bei Schnelltriebwagen mit dieselelektrischem Antrieb für eine Höchstgeschwindigkeit von $V_{max} = 160$ km/h eine Endbeschleunigung von rd. 0,03 m/s^2 ausreicht und einen brauchbaren Mittelwert in bezug auf möglichst kleine Motorleistung und noch annehmbare Fahrzeitverluste darstellt. Weitere, allgemeine Angaben über den Wert der Beschleunigung bei verschiedenen Fahr- und Höchstgeschwindigkeiten sind bisher nicht gemacht worden. Im folgenden wird daher auf dem Weg, den Bodmer[1]) eingeschlagen hat, fortgeschritten und in einfacher Weise eine Untersuchung über die Bemessung der Motorleistung durchgeführt.

Eines der wichtigsten Mittel, die Motorleistung bei vorgegebenen Fahr- und Höchstgeschwindigkeiten möglichst vorteilhaft auszunutzen, ist die Wahl einer geeigneten Übersetzung zwischen Motor und Treibachse. Beim Gleichstrombahnmotor kann man diese Übersetzung in ziemlich weiten Grenzen verändern, ehe die Höchstgeschwindigkeit beeinflußt wird. Denn die normale Höchstdrehzahl des Gleichstrombahnmotors beträgt nach den R.E.B. das Doppelte der Stundendrehzahl und kann nach Vereinbarung noch höher gelegt werden. In Deutschland liegt beim Wechselstrombahnmotor die Nennstundenleistung stets bei 70 % der höchsten Drehzahl; infolgedessen bedingt eine Veränderung der Übersetzung stets eine entsprechende Verlagerung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit. Damit die charakteristischen Eigenschaften der Gleich- und Wechselstromtriebfahrzeuge klar zu erkennen sind, werden im weiteren Verlauf die Untersuchungen für konstante Stundenleistung der Fahrmotoren bei veränderlicher Übersetzung durchgeführt.

Aus der Angabe der Stundenleistung allein kann man noch nicht ersehen, welcher Leistungsverlauf in Abhängigkeit von der Motordrehzahl vorhanden ist, denn dieser ist beim Gleich- und Wechselstrombahnmotor vollkommen verschieden: Beim Gleichstrombahnmotor erfolgt im Gebiet der höheren Drehzahlen die Regelung bei konstanter Fahrdraht- und Klemmenspannung durch Feldschwächung; hierbei fällt die Leistung mit steigender Drehzahl stark ab (s. Abb. 1 u. 2), während der Wechselstrombahnmotor infolge der durch Transformatoranzapfung regelbaren Klemmenspannung seine höchste Leistung auch bei der höchsten Geschwindigkeit abgeben kann. Der Gleichstrombahnmotor wird allgemein so berechnet, daß er während des Anfahrens bis zur Stundendrehzahl bis zum doppelten Stundenmoment durch Feldschwächung aufbringen kann.

Beim Wechselstrombahnmotor ist die Anfahrkennlinie auch noch vom Verwendungszweck abhängig: bei Triebwagen wird stets ein großer Prozentsatz von Achsen angetrieben; die Leistung je Achse ist daher verhältnismäßig klein, infolgedessen ist die Ausnutzung des Haftwertes zwischen Rad und Schiene[2]) gering, die hohe Lage der „Reibungsgrenze" gestattet bedeutende Überlastungen des Motors (Abb. 1).

W Wechselstromtriebwagen
a Anfahrleistung
h Stundenleistung
dd Dauerleistung
G Gleichstromtriebwagen
50% halbe Erregung des Feldes
100% volle Erregung des Feldes

Abb. 1. Leistungskennlinien von Gleich- und Wechselstromtriebwagen.

Man erreicht diese dadurch, daß die Polpaarleistung bei Stundenleistung für 70 % der Höchstgeschwindigkeit mit 50 bis 80 kW bemessen wird; dann ist beim Anfahren etwa der dreifache bis doppelte Wert — 160 kW — zulässig (alle Angaben für 16⅔ Hz).

Bei Lokomotiven ist die Zahl der angetriebenen Achsen im Vergleich zur Achszahl des Zuges klein, die Stundenleistung je Achse muß deshalb groß werden und kommt bei Schnellzuglokomotiven in die Nähe der Reibungsgrenze für trockene Schienen. Die Überlastungsfähigkeit des Lokomotivmotors braucht also nicht ganz so groß zu sein, weil ohnehin der Haftwert die obere Grenze festsetzt. Dafür treibt man beim Lokomotivmotor durch Fremdlüftung die Stundenleistung auf 110 bis 130 kW je Polpaar hinauf, die Überlastleistung liegt bei 140 bis 160 kW je Polpaar — also wie beim Triebwagenmotor.

Bei einer Lokomotive verlangt man im Gegensatz zum Triebwagen auch bei Höchstgeschwindigkeit eine große Leistung, damit bei besonderen Fällen (Ferien- und Feiertagsverkehr) das übliche Zuggewicht überschritten werden kann und trotzdem die Höchstgeschwindigkeit in

[1]) Bodmer, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 28 (1937) S. 585.

[2]) Kother, Elektr. Bahnen 13 (1937) S. 305.

kurzer Zeit erreichbar ist, damit Verspätungen eingeholt werden können. Wollte man z. B. bei einer Gleichstromlokomotive für die Höchstgeschwindigkeit die gleiche Anfahrleistung haben, wie sie die Wechselstromlokomotive besitzt (Punkte A_1 und A_2 in Abb. 2), so wäre die Übersetzung des Gleichstrommotors so zu wählen, daß bei Höchstgeschwindigkeit der Lokomotive die Kommutator-Umfangsgeschwindigkeit auf $v_k = 31$ m/s kommt (Abb. 2). Beim Stundenpunkt ist $v_k = 25$ m/s, also läge dieser bei $\frac{25}{31} \cdot 100 = 80\,\%$ der Höchstgeschwindigkeit. Die Überlastungsfähigkeit bis auf dop-

W Wechselstromlokomotive G Gleichstromlokomotive
a Anfahrleistung 50% halbe Erregung des Feldes
h Stundenleistung 100% volle Erregung des Feldes
dd Dauerleistung

Abb. 2. Leistungskennlinien von Gleich- und Wechselstromlokomotiven.

pelte Stundenleistung kann dann nicht ausgenutzt werden. Denn für $V_{max} = 160$ km/h könnte man bei $0{,}8 \cdot 160 = 128$ km/h bei gutem Schienenzustand nur 4800 kW Spitzenleistung bei einem Reibungsgewicht von 80 t abgeben (vgl. Fußnote 2). Die Anfahrt auf Widerständen hätte nach Abb. 2 bis $\frac{20}{31} \cdot 100 = 65\,\%\ V_{max}$ zu erfolgen.

Aus Abb. 1 und 2 geht hervor, daß der für die Berechnung des Motors benutzte Stundenpunkt und ebenso der Verlauf der Kennlinien des Motors über die Kennlinien des Triebfahrzeugs noch keinen Anhalt geben, da die Übersetzung zwischen Motor und Treibachse von großem Einfluß ist.

Wäre z. B. bei einer Gleichstromlokomotive die Übersetzung so gewählt, daß bei der planmäßigen Höchstgeschwindigkeit die höchstzulässige Kommutator-Umfangsgeschwindigkeit $v_{k_{max}} = 50$ m/s ausgefahren wird, so kann man erstens von der Überlastungsfähigkeit des Gleichstrombahnmotors im Gebiet von $v_k = 0$ bis 25 m/s in den meisten Fällen keinen Gebrauch mehr machen, da die Reibungsgrenze dies verhindert (Gegensatz zum Gleichstromtriebwagen). Würde man zweitens bei Höchstgeschwindigkeit die gleiche Leistung verlangen wie bei der Wechselstromlokomotive, so wären — da der Punkt A_3 in Abb. 2 nur rund ein Drittel der Leistung im Punkt A_2 entspricht — drei Gleichstromlokomotiven zu verwenden, während bei der durch A_1 vorgegebenen Übersetzung eine einzige Gleichstromlokomotive ausreicht. Bei dieser würde dann aber die höchstzulässige Kommutator-Umfangsgeschwindigkeit $v_{k_{max}} = 50$ m/s nicht mehr ausgefahren.

Zur richtigen Leistungsbemessung der Fahrmotoren elektrischer Triebfahrzeuge gehört also die Kenntnis des Kennlinienverlaufes der Motoren und die Wahl der besten Übersetzung. Diese muß aus der Bedingung bestimmt werden, daß die Anfahrt eines Zuges bei den verlangten Fahr- und Höchstgeschwindigkeiten ein Minimum an Fahrzeitzuschlag bedingt. Erst dann sind die besten Kennlinien des Triebfahrzeugs erzielt.

Ableitung der fahrzeittechnischen Grundlagen des Verfahrens.

a) Mehrzeitbedarf für das Anfahren.

Zweck eines Triebfahrzeugs ist, einen Zug in möglichst kurzer Zeit möglichst wirtschaftlich, d. h. mit geringstem Aufwand an Leistung und Arbeit über eine vorgegebene Strecke zu befördern. Jede Anfahrt — sei es aus dem Stillstand oder nach einer Geschwindigkeitseinschränkung — soll eine möglichst geringe Mehrzeit $\Delta\Delta\,t$ (s) gegenüber der Zeit erfordern, die der Zug benötigt, um mit der jeweils zulässigen Höchstgeschwindigkeit V_{max} (km/h) die Strecke zu durchfahren.

Abb. 3. Ableitung der Gleichungen für die Mehrzeit $\Delta\Delta\,t$ (s) und den Wegverlust $\Delta\Delta\,S$ (m).

In Abb. 3 ist ein Anfahrvorgang dargestellt: Während der Zeitzunahme $\Delta t' = t_2' - t_1$ (s) beschleunigt sich der Zug um $\Delta V = V_e - V_a$ (km/h), wobei die mittlere Beschleunigung

$$b_{\text{mittel}} = \frac{V_e - V_a}{t_2' - t_1} \cdot \frac{1}{3{,}6} \quad (\text{m/s}^2) \tag{1}$$

beträgt. Dabei wird ein Weg ΔS zurückgelegt, der gleich der Fläche $t_1\,V_a\,V_e\,t_2'$ ist, also:

$$\Delta S = \frac{1}{3{,}6} \cdot \frac{V_a + V_e}{2}\left(t_2' - t_1\right) \quad (\text{m}). \tag{2}$$

Den gleichen Weg ΔS durchfährt ein Zug mit der Höchstgeschwindigkeit V_{max} in der kürzeren Zeit $\Delta t = t_2 - t_1$; dann ist ΔS gleich der Fläche $t_1\,V_{max_1}\,V_{max_2}\,t_2$. Der im Anfahrzustand befindliche Zug benötigt also die Mehrzeit

$$\Delta\Delta\,t = \Delta t' - \Delta t = \left(t_2' - t_1\right) - \left(t_2 - t_1\right) = t_2' - t_2. \tag{3}$$

Es ist:

$$t_2' - t_1 = \frac{\Delta S}{\frac{V_a + V_e}{2} \cdot \frac{1}{3{,}6}} \tag{4}$$

und:

$$t_2 - t_1 = \frac{\Delta S}{\frac{1}{3,6} \cdot V_{max}}, \tag{5}$$

also:

$$\Delta \Delta t = 3,6 \cdot \Delta S \left(\frac{1}{\frac{1}{2}(V_a + V_e)} - \frac{1}{V_{max}} \right). \tag{6}$$

Durch Vereinigung von Gl. (1) bis (6) erhält man für $\frac{1}{2}(V_a + V_e) = V_{mittel}$:

$$\Delta \Delta t = \frac{\Delta V}{3,6 \cdot b_{mittel}} \left(1 - \frac{V_{mittel}}{V_{max}}\right). \tag{7a}$$

Man kann nach dieser Gleichung, ohne eine Fahrzeitermittlung durchzuführen, die Mehrzeiten $\Delta \Delta t$ bestimmen und hieraus Schlüsse auf die Leistung des Motors und seine Übersetzung ziehen.

Aus dem eingangs genannten Wert der Deutschen Reichsbahn $b_{mittel} = 0,03$ m/s² ergibt sich für $V_{mittel} = 155$ km/h eine Mehrzeit

$$\Delta \Delta t = \frac{10}{3,6 \cdot 0,03} \cdot \left(1 - \frac{155}{160}\right) = 2,8 \quad (s).$$

Wollte man z. B. für jeden der 16 Geschwindigkeitssprünge $\Delta V = 10$ km/h die gleiche Mehrzeit $\Delta \Delta t = 2,8$ (s) zulassen, so wäre die erforderliche Beschleunigung in jedem Abschnitt von $\Delta V = 10$ km/h gleich

$$b_{mittel} = \frac{\Delta V}{3,6 \cdot \Delta \Delta t} \left(1 - \frac{V_{mittel}}{V_{max}}\right), \tag{7b}$$

$$b_{mittel} = \frac{10}{3,6 \cdot 2,8} \cdot \left(1 - \frac{V_{mittel}}{V_{max}}\right) = \left(1 - \frac{V_{mittel}}{V_{max}}\right).$$

Die Beschleunigung b_{mittel} könnte also linear abnehmen von dem Höchstwert $(1 - 5/160) = 0,97$ m/s² zwischen 0 und 10 km/h bis auf 0,03 m/s² zwischen 150 und 160 km/h. Der gesamte Mehrzeitbedarf für eine Anfahrt von 0 auf 160 km/h wäre dann $16 \cdot 2,8 = 45$ (s). Man sieht, daß diese Beschleunigungen und die erreichbare geringe Mehrzeit durchaus im Rahmen des technisch Möglichen liegen. Man kann aber auch aus der Gleichung entnehmen, daß es nicht vertretbar ist, bestimmte — an sich noch geringe — Beschleunigungswerte bei hohen Geschwindigkeiten zu überschreiten und dafür unnötig hohe Motorleistungen einzubauen, denn der Wert der Beschleunigung hängt nach (7 b) davon ab, welche Fahrgeschwindigkeit gefahren und welche Höchstgeschwindigkeit zugelassen wird.

b) Mehrzeitbedarf für das Bremsen.

Auch für das Bremsen läßt sich leicht die Mehrzeit bestimmen: Es sei $b = -0,8$ m/s², $V_a = 160$ km/h, $V_e = 0$, $V_{max} = 160$ km/h. Dann ist:

$$\Delta \Delta t = \frac{0 - 160}{3,6 \cdot (-0,8)} \cdot \left(1 - \frac{80}{160}\right) = 28 \quad (s).$$

c) Wegverlust und Mehrzeitbedarf.

Während der Zeit $(t_2' - t_1)$ legt der sich beschleunigende Zug den Weg ΔS zurück, der gleich der Fläche $t_1 V_a V_e t_2'$ ist. Der Vergleichszug mit der konstanten Höchstgeschwindigkeit V_{max} legt den Weg $\Delta \Delta S$ (Fläche $V_a V_{max}, V'_{max}, V_e$) mehr zurück. $\Delta \Delta S$ stellt für den sich beschleunigenden Zug einen Wegverlust dar; dieser ist:

$$\Delta \Delta S = (t_2' - t_1) \frac{V_{max} - V_{mittel}}{3,6}, \tag{8}$$

$$\Delta \Delta S = \Delta \Delta t \frac{V_{max}}{3,6}. \tag{9}$$

Der Wegverlust ist also auch gleich der Fläche $t_2 V_{max}, V'_{max}, t_2'$.

Aus der Zugkraft Z (kg) und dem Fahrwiderstand W (kg) erhält man die beschleunigende Kraft $Z - W$, die am Zuggewicht G $(1 + \varrho_{Ges})$ (t) angreift, worin ϱ_{Ges} der gesamte Zuschlag für umlaufende Massen ($\varrho_A = 0,06$ für Lauf- und Treibachsen, ϱ_{M+Z} für Motoranker und Zahnräder) ist. Die in (7) und (9) einzusetzenden Beschleunigungen sind zu berechnen nach

$$b_{mittel} = \frac{Z - W}{102 \cdot G \cdot [1 + \varrho_A + \varrho_{M+Z}]} \quad (m/s^2). \tag{10}$$

Wenn man mit verschiedenen Übersetzungen rechnet, ist ϱ_{M+Z} mit dem Quadrat der Übersetzungen umzurechnen. Die Übersetzung ist

$$Ü = \frac{n_{M_h}}{n_{T_h}} = \frac{n_{M_h} D_T}{5,3 \cdot c_h V_{max}}. \tag{11}$$

Hierin ist:

- n_{M_h} Stundendrehzahl des Motors (U/min),
- n_{T_h} zugehörige Treibraddrehzahl (U/min),
- D_T Treibraddurchmesser in (m),
- c_h Verhältnis der Stundendrehzahl des Motors zur tatsächlich bei V_{max} ausgefahrenen Höchstdrehzahl,
- V_{max} Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs (km/h).

(Schluß folgt.)

Der heutige Stand der elektrischen Gasreinigung.

Von **R. Heinrich** VDE, Frankfurt a. M.

(Schluß von S. 10.)

DK 621.319.5 : 66/69.004.8

Elektrofilter in der chemischen und Gasindustrie.

In der chemischen und Gasindustrie ist das Elektrofilter vielfach zur unentbehrlichen Betriebseinrichtung geworden. So werden z. B. heute praktisch alle Kontakt-Schwefelsäureanlagen der Welt mit Elektrofiltern zur Entstaubung der SO_2haltigen Röstgase und zur Abscheidung des oft in diesen Gasen enthaltenen Arsen, Selen, Chlor und Fluor ausgerüstet. Diese Stoffe sind sehr unliebsame Kontaktgifte und führen zu unzulässigen Verunreinigungen der Schwefelsäure, wenn sie nicht praktisch restlos aus den Röstgasen ausgeschieden werden. Diese Abscheidung erfolgt durch sogenannte Heißgas-Elektrofilter, in denen zunächst bei etwa 400 °C der Flugstaub aus den Gasen entfernt wird. Die Feinreinigung erfolgt dann durch nachgeschaltete Naß-Entarsenierungselektrofilter bei 30 bis 35 °C mit zwischengeschalteten Kühl- und Waschtürmen, die mit Schwefelsäure oder auch mit Wasser berieselt werden. Auf diese Weise gelingt es, mit einem sehr geringen Energieaufwand die Gase so weitgehend zu reinigen und kontaktreif zu machen, daß der Arsengehalt der Gase unter 0,000 005 g/m³ liegt. Bei einer derartig hohen Reinheit fällt die außerordentlich empfindliche Marshsche Arsen-

probe negativ aus. Weiterhin werden Selen, Chlor und Fluor und sonstige unerwünschte Verunreinigungen der Gase praktisch vollständig entfernt.

In ähnlicher Weise ist es z. B. auch bei der Sulfitzellstoffherstellung in den Papierfabriken erforderlich, das Arsen, Selen und auch H_2SO_4-Nebel aus den SO_2haltigen Röst- und Schwefelverbrennungsgasen abzuscheiden, die zur Herstellung der Sulfitlauge benötigt werden[10]). Bei Verwendung elektrisch feingereinigter Gase für die Sulfitlaugeherstellung ergeben sich zahlreiche Vorteile für die Zellstoffabrikation, wie z. B. Vermeidung von verfärbten Fehlkochungen, die bei Anwesenheit von Selen leicht auftreten, Unterbindung von Gipsbildung in den mit Kalkstein beschickten Laugeerzeugungstürmen und hierdurch Ersparnis an Kalk, Erzeugung von praktisch aschefreier Zellulose bei Abwesenheit von Gips in der Lauge. Überraschenderweise hat sich außerdem gezeigt, daß bei der Vergärung der mit elektrisch feingereinigten Gasen erzeugten Abfallauge die Alkoholausbeute merklich höher ist als früher bei der Verwendung von nur unvollkommen gereinigtem Gas. Abb. 4 zeigt z. B. eine solche Naß-

Abb. 4. Naß-Feinreinigungs-Elektrofilteranlage in einer Sulfitzellstoffabrik.

Elektrofilteranlage, in der die Röstgase aus 90 bis 100 t/24 h Schwefelkies für eine Sulfitzellstoffabrik gereinigt werden.

Weitere interessante Anwendung finden die Elektrofilter z. B. bei dem Thomlinsonverfahren zur Schwarzlaugeverbrennung in Sulfatzellstoffabriken[11]). Die bei diesem Verfahren mit den Verbrennungsgasen entweichenden außerordentlich feinen Natriumsulfatnebel werden elektrisch niedergeschlagen. Auf diese Weise kann das Thomlinsonverfahren überhaupt erst wirtschaftlich gestaltet werden.

Beachtenswert als Sonderanwendung ist auch noch die Niederschlagung von elementarem Schwefel, der bei der reduzierenden Röstung von schwefelhaltigen Erzen in Metallhütten entsteht oder bei der Umsetzung von Schwefelwasserstoff mit schwefliger Säure hergestellt wird, wie dies z. B. bei den Entschwefelungsanlagen von Synthesegas der Fall ist. Abb. 5 zeigt ein derartiges Schwefelfilter im grundsätzlichen Aufbau, das mit rohrförmigen Niederschlagselektroden ausgerüstet ist. In diesem Elektrofilter wird der kondensierte Schwefelnebel, der etwa 40 bis 100 g/m³ beträgt, bei etwa 125 °C zu 99 % und darüber flüssig abgeschieden. Auf dem schrägen Filterboden wird der flüssige Schwefel zu einem beheizten Tauchverschluß abgeleitet und von dort aus in Formen gefüllt, in denen er erstarrt. Der so gewonnene Schwefel hat eine Reinheit von über 99,5 % und ist wegen seiner Reinheit für die verschiedensten Anwendungszwecke sehr gesucht.

In den amerikanischen Petroleumraffinerien finden, um ein weiteres Beispiel zu nennen, in ständig zunehmendem Maße Elektrofilter Verwendung zur Abscheidung der äußerst feinen Schwefelsäurenebel, die bei der Heißreinigung und Konzentration der Schwefelsäure entstehen, mit der das Petroleum gereinigt wurde. Die Gastemperatur im Filter wird hierbei über dem Kondensationspunkt des im Gase enthaltenen Wasserdampfes gehalten, so daß Schwefelsäure mit einer Konzentration anfällt, die für die Wiederverwendung ausreichend ist.

Abb. 5. Elektrofilter zur Niederschlagung von elementarem Schwefel.

Abb. 6. Elektrofilter zur Abscheidung von Ruß aus gekracktem Erdgas für Ammoniakherstellung.

In gleicher Weise haben sich hauptsächlich in amerikanischen Anlagen Elektrofilter zur Reinigung der Phosphor enthaltenden Gase aus Hochöfen oder Elektroöfen, die zum Aufschluß von Phosphaten dienen, bewährt. Das bei diesen Verfahren erzeugte Phosphorpentoxyd wird mit

10) W. Hoss, Der Papierfabrikant (1935) H. 29 S. 241.
11) L. S. Wilcoxson, Year Book and Program of the American Pulp and Paper Mill Superintendents Association, Inc. (1935) New York.

Wasserdampf zu Phosphorsäure in der Konzentration umgesetzt, die für die weitere Verarbeitung z. B. für phosphorhaltige Düngesalze erforderlich ist. Bei dieser Herstellungsweise der Phosphorsäure entstehen äußerst feine weiße Säurenebel, die mechanisch nur sehr unvollkommen, im Elektrofilter dagegen einwandfrei praktisch vollkommen abgeschieden werden. Die Niederschlagselektroden dieser Filter bestehen meist aus säurefesten keramischen Platten, die durch den Säureniederschlag elektrisch leitend werden, oder auch aus hartgebrannten Kohlerohren. Die Sprühdrähte dieser Filter werden hingegen aus Silber oder säurefestem Stahl hergestellt[12]).

Ein sehr bemerkenswertes Anwendungsgebiet ist auch die elektrische Feinreinigung von rußhaltigen Gasen, z. B. gekrackten stark wasserstoffhaltigen Erdgasen, die zur Erzeugung von Ammoniak durch Hochdrucksynthese dienen, oder von Synthesegasen für die Herstellung von Motortreibstoffen, usw. Abb. 6 zeigt eine

Abb. 7. Entteerungs-Elektrofilter zur Reinigung von Leuchtgas in einem Gaswerk.

solche in Amerika erstellte Elektrofilteranlage zur Abscheidung von Ruß aus 850 m³/h gekracktem Erdgas. Der Entstaubungsgrad dieser Anlage liegt über 99 %. Es wird hier außerordentlich feiner Ruß mit einem Teilchendurchmesser von meist weit unter 0,001 mm niedergeschlagen, der durch mechanische Filter oder Wäscher usw. einfach nicht zu fassen ist. Mit Elektrofiltern dagegen, von denen Großanlagen sich im Bau befinden, konnten z. B. Reinheitsgrade von unter 0,001 g/m³ Staubgehalt erreicht werden.

Mit gleichem Vorteil werden heute in immer steigendem Maße Elektrofilter z. B. zur Entteerung und Entölung von Schwelgasen, Generatorgas und Leuchtgas verwendet. Abb. 7 zeigt z. B. auf der rechten Seite ein Elektrofilter zur Entteerung von Leuchtgas in dem ganz neuzeitlich ausgebauten Gaswerk Basel[13]). Die Anlage ist zur Reinigung von 100 000 bis 150 000 m³/24 h Leuchtgas bestimmt. Der Teergehalt im Reingas beträgt nur noch wenige Milligramm je m³. Auf diese Weise gelingt es, die nachgeschaltete Benzorbon-Anlage der Lurgi-Gesellschaft für Wärmetechnik m. b. H., Frankfurt a. M., in der durch aktive Kohle das Benzol aus dem Leuchtgas gewonnen wird, vor Verölung und Inaktivierung zu schützen, ganz abgesehen von den sonstigen im Gaswerksbetrieb bekannten Vorteilen bei der Verwendung von elektrisch feingereinigtem Gas. Inzwischen hat sich eine ganze Anzahl weiterer Gaswerke auch in Deutschland zum Bau solcher Feinreinigungs-Elektrofilter entschlossen.

[12]) O. U. Lawrence, Chem. and Metallurg. Engng. 45 (1938) S. 279.
[13]) Fehlmann, Gas- u. Wasserfach 81 (1938) S. 260.

Elektrofilter zur Rauchgasreinigung.

Wohl die umfangreichste Anwendung, und zwar insbesondere als Großanlagen, haben in den letzten Jahren die Elektrofilter zur Entstaubung der Rauchgase aus den Feuerungen von Kraftwerken, Papierfabriken und dgl. gefunden. Der Bau neuzeitlicher Hoch- und Höchstdruck-Großkessel mit Einzelleistungen von 75 bis 150 t/h Dampf hat der Kohlenstaubfeuerung wegen ihrer bekannten Vorteile weitgehende Anwendung verschafft. Um einen guten Ausbrand des Kohlenstaubes zu erhalten, ist man zu immer feinerer Zerkleinerung des Kohlenstaubes, z. B. durch die bekannten Mühlenfeuerungen usw. übergegangen. Die ausgebrannte Flugasche ist natürlich noch viel feiner als der ursprüngliche Kohlenstaub, so daß meist über 80 % dieses Staubes einen Korndurchmesser von 0,020 bis 0,005 mm und darunter aufweisen[14]). Diese feine Flugasche wird fast vollständig von den Rauchgasen mit aus der Feuerung fortgeführt und muß in einer sehr wirksamen Entstaubungsanlage niedergeschlagen werden, damit die bekannten Belästigungen und Schäden durch Flugasche vermieden werden. Um welche Staubmengen es sich hier handelt, geht daraus hervor, daß Kraftwerke mit einer Erzeugung von 500 t/h Dampf bei einer Rauchgasmenge von etwa 1 500 000 m³/h, 200 ° C mit einem mittleren Staubgehalt von etwa 5 g/m³ keine Seltenheit mehr sind. Ein solches Kraftwerk erzeugt also im Tag eine Flugaschenmenge von etwa 180 000 kg, die natürlich nicht ins Freie gelassen werden kann, da sonst die Flugaschenbelästigung in der Umgebung des Werkes unerträglich würde.

Wie umfangreiche Erfahrungen in der ganzen Welt an zahlreichen Rauchgas-Entstaubungsanlagen gezeigt haben, muß im allgemeinen ein Gesamtentstaubungsgrad von etwa 90 % bis 95 % erreicht werden, entsprechend einem Reingasstaubgehalt von etwa 0,50 g/m³, t °, bzw. 0,75 g/m³, 0 °, feucht, wenn Belästigungen und Schäden durch Flugasche vermieden werden sollen. Bei diesem Staubgehalt ist auch die Rauchgasfahne am Schlot nicht mehr auffällig sichtbar, wenn mit dem gröberen Staub auch in ungefähr prozentualem Maße der Feinstaub mit einer Korngröße von unter 0,020 mm abgeschieden wird. Dieser übt nämlich infolge seiner Feinheit und seiner dadurch bedingten großen Oberfläche eine sehr starke Sicht-

[14]) H. Heinzelmann, Feuerungstechn. 25 (1937) S. 116.

Zahlentafel 2. Betriebszahlen von Elektrofiltern zur Entstaubung von Rauchgasen.

Anlage Nr.	Art der Anlage / Leistung	Gasmenge gesamt m³/h, t°	Staubgehalt im Rohgas g/m³, t°	Staubgehalt im Reingas g/m³, t°	Entstaubungsgrad %	Energieverbrauch kWh/1000 m³, t°
1	Steinkohlen-Staubfeuerung, 2 Kessel je 52 t/h Dampf, 1 Filter	140 000 ··· 170 000	4,74 ··· 5,30	0,234 ··· 0,349	94,27	0,048
2	Steinkohlen-Staubfeuerung, 5 Kessel je 18 t/h Dampf, 5 Filter	200 000	10,4 ··· 13,4	0,170 ··· 0,250	95,30	0,108
3	Steinkohlen-Staubfeuerung Hams Hall, England, 8 Kessel, 4 Filter	1 500 000	4,5	0,230	94,95	0,090
4	Müllverbrennungsanlage, 3 Kessel, 3 Filter	85 000	16,7	0,575	96,60	0,140
5	Rohbraunkohlen-Rostfeuerung, Hochleistungskessel, 1 Filter	400 000	1,6 ··· 2,0	0,017 ··· 0,037	98,15	0,120
6	Rohbraunkohlen-Mühlenfeuerung, 6 Kessel je 90 t/24 h, 6 Filter	1 600 000	4,60	0,16	96,50	0,040

wirkung aus. Da die Elektrofilter den Feinstaub fast ebensogut abscheiden wie den gröberen Staub, so genügen sie in besonderem Maße den heutigen Anforderungen, die an eine hochwertige Entstaubungsanlage gestellt werden müssen.

Dank ihrer sonstigen Vorzüge, wie z. B. geringer Zugwiderstand von nur etwa 3 bis 8 mm WS. und niedriger Energieverbrauch von nur etwa 0,05 bis 0,10 kWh/1000 m³, t ° bei trockener Wiedergewinnung des Staubes, sind die Elektrofilter heute zur bevorzugten Entstaubungseinrichtung in neuzeitlichen Kraftwerken geworden. So wurden z. B. allein in Deutschland in verhältnismäßig wenigen Jahren über etwa 286 Großrauchgas-Elektrofilter gebaut, in denen etwa 46 Mill m³/h Rauchgase aus Braun- und Steinkohle-, Rost- und Staubfeuerungen gereinigt werden. In der Zahlentafel 2 sind einige Betriebszahlen solcher Rauchgaselektrofilter wiedergegeben[15])[16]).

Bei der heutigen Entwicklung der Dampfkessel zu „Dampferzeugungsmaschinen“ liegen die Verhältnisse so, daß diese Hochleistungsanlagen überhaupt erst in Verbindung mit ausgezeichneten Staubabscheidungsanlagen geschaffen werden konnten. Die Entstaubungsanlage — in diesem Falle also hauptsächlich das Elektrofilter — ist also nicht mehr als unvermeidliches Übel aufzufassen, sondern als integrierender Bestandteil der Kesselanlage, der die wirtschaftlichste Ausnutzung des neuzeitlichen Dampfkessels überhaupt erst in vollem Umfange ermöglicht.

1 Kesselhaus
2 Pumpenanlage usw.
3 Maschinenhaus
4 Schaltwarte
5 Rauchgas-Elektrofilter
6 Schornstein

Abb. 8. Kraftwerk mit Vertikal-Rauchgaselektrofiltern.

Abb. 8 gibt den Entwurf eines großen Kraftwerkes mit 6 Hochleistungs-Dampfkesseln für je 100 t/h Dampferzeugung wieder, das mit Rauchgas-Elektrofiltern ausgerüstet ist. Hinter jedem Kessel befindet sich ein Vertikalfilter, das im Freien steht. Das entstaubte Rauchgas von je 3 Kesseln wird durch 3 Saugzugventilatoren, die zu ebener Erde stehen, einem hohen Schornstein zugeführt. Für die Entstaubung sehr großer Rauchgasmengen werden dagegen Horizontalfilter gerne angewendet.

Ein derartiges Rauchgas-Elektrofilter zur Reinigung der gewaltigen Gasmenge von rd. 1 250 000 m³/h aus einer Rohbraunkohlefeuerung ist auf Abb. 9 wiedergegeben. Dieses Elektrofilter ist mit etwa 9 m lichter Kammerhöhe bei weitem die größte Elektrofilterkammer der Welt und stellt ein schönes Beispiel deutscher Ingenieurkunst dar. Das Filter ist mit Hochleistungsfangraum-Elektroden, wie sie in Abb. 2 dargestellt sind, ausgerüstet, bei denen sehr interessante strömungstechnische und elektrische Erscheinungen ausgewertet wurden. Die Entwicklung dieser Elektroden war die Voraussetzung für den Bau derartiger Großanlagen, in denen Gasgeschwindigkeiten herrschen, die das Mehrfache der sonst angewendeten Gasgeschwindigkeiten betragen. Das beschriebene Filter befindet sich mit einem Entstaubungsgrad von etwa 93 % bis 95 % bereits seit etwa zehn Jahren anstandslos in Betrieb. Eine Vorstellung über die Größe dieser Anlage mag der Hinweis geben, daß in der Filterkammer ohne weiteres ein geräumiges Einfamilienwohnhaus untergebracht werden könnte.

Abb. 9. Horizontal-Rauchgaselektrofilter zur Entstaubung von 1 250 000 m³/h Abgas aus einer Rohbraunkohlen-Feuerung. Größte derartige Filterkammer der Welt.

Zusammenfassung.

Es wird über die Erfahrungen mit verschiedenen Hochspannungsgleichrichtern für Elektrofilter berichtet, von denen sich der mechanische Drehstromgleichrichter mit Synchronmotorantrieb als besonders geeignet erwiesen hat. An Hand von typischen Anwendungsbeispielen wird der heutige Stand der elektrischen Gasreinigung geschildert. Kennzeichnend für die Entwicklung der Filter ist eine weitgehende Vereinheitlichung der Bauelemente, die Verwendung von Hochleistungs-Niederschlagselektroden und eine Beschränkung auf möglichst wenige bewährte Filtertypen. Besonders beachtenswert ist die umfangreiche Verwendung der Elektrofilter in der Tonerdeindustrie, in Zementfabriken und in chemischen Betrieben aller Art, insbesondere für die Gasfeinreinigung, sowie der Bau von Großrauchgas-Elektrofiltern in neuzeitlichen Kraftwerken.

[15]) F. Rathert, Mitt. Arbeitsber. Metallges., Frankfurt a. M., H. 10 (1935) S. 17.
[16]) H. J. Bush, Chem. Age (1938) S. 181.

Beitrag zur Berechnung der Streuung bei symmetrischen Scheibenwicklungen.

Von W. Knaack, Mannheim.

DK 621.314.222.045.15.001.24

Übersicht. An Hand der von Rogowski aufgestellten, allgemein gültigen Formel für den Streublindwiderstand bei symmetrischen Scheibenwicklungen wird der Einfluß des Abstandes zwischen Wicklung und Kern untersucht.

Die von W. Rogowski in seiner grundlegenden Arbeit[1]) aufgestellte Formel für den Streublindwiderstand einer symmetrischen Scheibenwicklung lautet allgemein:

$$x_\sigma = 4 \cdot f \frac{w^2 U_m}{n\, b}\left[\delta + \frac{a_1 + a_2}{6}\right]$$

$$\times\left[1 - \frac{1 - e^{-kb}}{k\,b}\left\{1 - \frac{1}{2}\frac{\mu - 1}{\mu + 1} e^{-2kc}\left(1 - e^{-kb}\right)\right\}\right] \cdot 10^{-8}, \quad (1)$$

wobei die Bedeutung der einzelnen Buchstaben zum Teil aus Abb. 1 zu ersehen ist. Es bedeuten ferner:

- w Windungszahl einer Wicklung (prim. oder sek.),
- f Frequenz in Hz,
- n Zahl der vollen primären oder sekundären Spulen,
- μ magnetische Leitfähigkeit des Eisenkerns,
- $U_m = \pi\, d_m$ mittlere Windungslänge,
- k einen Rechnungsfaktor:

$$k = \frac{2\pi}{a_1 + a_2 + 2\delta}.$$

Abb. 1. Räumliche Anordnung einer symmetrischen Scheibenwicklung ($n = 2$).

Die Formel (1) läßt sich durch den einfachen Ausdruck:

$$x_\sigma = 4 \cdot f \frac{w^2 U_m}{n\, b}\left[\delta + \frac{a_1 + a_2}{6}\right] K \cdot 10^{-8} \quad (2)$$

ersetzen, wenn K einen Korrektionsfaktor bedeutet, der den genauen Feldverlauf berücksichtigt. Es ist:

$$K = 1 - \frac{1 - e^{-kb}}{k\,b}\left\{1 - \frac{1}{2}\frac{\mu - 1}{\mu + 1} e^{-2kc}\left(1 - e^{-kb}\right)\right\}. \quad (3)$$

Nach Rogowski gilt der Wert von K insbesondere dann, wenn

1. $\frac{a_1 + a_2 + 2\delta}{a_1 + a_2}$ sich nicht zu sehr von der Einheit entfernt, also für $1 < \frac{a_1 + a_2 + 2\delta}{a_1 + a_2} < 2$ und
2. für $k\,b = \frac{2\pi\, b}{a_1 + a_2 + 2\delta} > 1{,}5$; d. h. wenn die radiale Spulenhöhe b größer oder mindestens gerade so groß ist als deren axiale Länge.

Aus dem Ausdruck für K geht hervor, daß der Wert c, der den Abstand der Wicklung vom Kern bedeutet, nicht ohne Einfluß sein kann auf die Größe des Streublindwiderstandes. Es soll daher im folgenden einmal untersucht werden, wie groß dieser Einfluß ist bzw. wieweit es gerechtfertigt ist, mit vereinfachten Annahmen zu rechnen.

[1]) W. Rogowski, Über das Streufeld und die Streuinduktionskoeffizienten eines Transformators mit Scheibenwicklung und geteilten Endspulen. Forsch.-Arb. Ing.-Wes. (1909) H. 71.

Wir setzen $\frac{b}{a_1 + a_2 + 2\delta} = \varkappa$ (dann wird $k\,b = 2 \cdot \pi\,\varkappa$); ferner $\frac{\mu - 1}{\mu + 1} = 1$.

Im einschlägigen Schrifttum findet man allgemein für den Korrektionsfaktor den Wert:

$$K \approx K_1 = 1 - \frac{1 - e^{-kb}}{k\,b} \quad (4)$$

angegeben, ohne daß in irgendeiner Form dem Abstand Wicklung – Kern Rechnung getragen wird. Die Formel entsteht nämlich aus der Formel (3) dadurch, daß c gleich ∞ gesetzt wird, und für $c = \infty$ wird: $\frac{1}{2} e^{-2kc} = 0$!

Anderseits wird aber für $c = 0$ der Faktor: $\frac{1}{2} e^{-2kc} = \frac{1}{2}$, so daß man einen Korrektionsfaktor K_2 erhält, der den Wert:

$$K_2 = 1 - \frac{1 - e^{-kb}}{k\,b} + \frac{1}{2}\frac{\left(1 - e^{-kb}\right)^2}{k\,b} \quad (5)$$

hat. Es ergeben sich somit zwei Grenzwerte, nämlich

1. für $c = \infty$ $\quad K_1 = 1 - \frac{1 - e^{-kb}}{k\,b}$
2. für $c = 0$ $\quad K_2 = 1 - \frac{1 - e^{-kb}}{k\,b} + \frac{1}{2}\frac{\left(1 - e^{-kb}\right)^2}{k\,b}$.

Abb. 2. Prozentuale Abweichung des Faktors K_2 ($c = 0$) gegenüber K_1 ($c = \infty$): Kurve $F' = f(\varkappa)$.

Diese beiden Grenzwerte sollen miteinander verglichen werden. Durch Division erhält man:

$$\frac{K_2}{K_1} = 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{\left(1 - e^{-kb}\right)^2}{k\,b\left(1 - \frac{1 - e^{-kb}}{k\,b}\right)},$$

und es wird

$$K_2 = K_1\,(1 + f'), \quad (6)$$

wenn

$$f' = \frac{0{,}5\left(1 - e^{-2\pi\varkappa}\right)^2}{2\pi\varkappa - 1 + e^{-2\pi\varkappa}}. \quad (7)$$

f' bedeutet die absolute Abweichung des Wertes K_2 gegenüber K_1. Die prozentuale Abweichung wird dann: $F' = f' \cdot 100\,\%$.

In Abhängigkeit von $\varkappa$ ist F' in der Kurve in Abb. 2 dargestellt, und zwar beginnend mit $\varkappa = 0{,}25$, das etwa dem unteren Grenzwert entspricht, denn für $\varkappa = 0{,}25$ ist $k\,b = 1{,}57$. Diese Kurve stellt demnach die größte Abweichung dar, die auftreten kann, wenn $c = 0$ statt $c = \infty$ gesetzt wird.

Kurve 1 $\varkappa = 1{,}0$ = konst.
„ 2 $\varkappa = 0{,}8$ = „
„ 3 $\varkappa = 0{,}6$ = „
„ 4 $\varkappa = 0{,}4$ = „
„ 5 $\varkappa = 0{,}3$ = „
„ 6 $\varkappa = 0{,}25$ = „

Abb. 3. Prozentuale Abweichung des Faktors K ($\infty > c > 0$) gegenüber K_1 ($c = \infty$) für verschiedene Werte von α und $\varkappa$. $F = f(\alpha, \varkappa)$.

Da in den meisten praktischen Fällen c zwischen diesen beiden Grenzwerten liegen wird, gilt es noch, die Abweichung des genauen Wertes K gegenüber K_1 zu ermitteln. Es ist:

$$K = 1 - \frac{1 - e^{-k\,b}}{k\,b}\left\{1 - \frac{1}{2}\,e^{-2\,k\,c}\,(1 - e^{-k\,b})\right\}$$

und mit

$$K_1 = 1 - \frac{1 - e^{-k\,b}}{k\,b} \text{ wird: } K = K_1 + \frac{1}{2}\,e^{-2\,k\,c}\,\frac{(1 - e^{-k\,b})^2}{k\,b}$$

oder anders ausgedrückt:

$$K = K_1 \cdot (1 + f), \qquad (8)$$

wobei $f = f''/K_1$ ist. Es ist:

$$f'' = \frac{1}{2}\,e^{-2\,k\,c}\,\frac{(1 - e^{-k\,b})^2}{k\,b};$$

oder

$$f = \frac{1}{2}\,e^{-2\,k\,c}\left\{\frac{(1 - e^{-k\,b})^2\,k\,b}{k\,b\,(k\,b - 1 + e^{-k\,b})}\right\}.$$

Mit $f' = \dfrac{1}{2}\,\dfrac{(1 - e^{-k\,b})^2}{k\,b - 1 + e^{-k\,b}}$ wird die absolute Abweichung

$$f = e^{-2\,k\,c} \cdot f'. \qquad (9)$$

Setzt man noch: $2\,c = \alpha\,b$ und weil $k\,b = 2\,\pi\,\varkappa$ ist, erhält man endlich:

$$f = e^{-2\,\pi\,\varkappa\,\alpha} \cdot f'. \qquad (10)$$

Die prozentuale Abweichung wird damit: $F = f \cdot 100\%$. Also ist $F = f(\alpha, \varkappa)$; wobei $\varkappa$ als Parameter auftritt. In den Kurven der Abb. 3 ist $F = f(\alpha)$ aufgetragen, und zwar für verschiedene konstante Werte von $\varkappa$. Sind a_1, a_2 und δ konstant, dann erkennt man, daß bei kleinem b, d. h. bei kleinem $\varkappa$, und kleinem α die Abweichungen ziemlich groß sind, und zwar in der Größenordnung derjenigen für $c = 0$. Der Wert von α kann aber bei kleinem b nur dann klein werden, wenn auch c klein ist, d. h. eine merkliche Abweichung gegenüber K_1 wird also erst bei kleinem b und kleinem c eintreten. Nun fällt zwar mit wachsendem b, bei konstantem c, der Wert von α, gleichzeitig aber steigt der Wert von $\varkappa$, so daß trotzdem die Abweichung kleiner wird.

Abb. 4. Prozentuale Abweichung des Faktors K gegenüber K_1 für $c = 1$ = konst. $a_1 + a_2 + 2\,\delta = 4$ = konst. und verschiedene Werte von b.

Setzt man z. B. $c = 1$ = konst. und $a_1 + a_2 + 2\,\delta = 4$ = konst., dann erhält man für verschiedene Werte von b nachstehende Zahlentafel 1, wobei dann $e^{-2\,\pi\,\varkappa\,\alpha}$ = konst. = 1/4,8 und f' aus Abb. 2 zu entnehmen ist.

Zahlentafel 1. Prozentuale Abweichung des Korrektionsfaktors K gegenüber K_1 für $c = 1$ = konst., $a_1 + a_2 + 2 \cdot \delta = 4$ = konst. und verschiedene Werte von b.

b	$\varkappa$	f'	α	F %
2	0,25	0,39	1	8,1
4	0,50	0,216	0,5	4,5
6	0,75	0,136	0,33	2,8
8	1,00	0,095	0,24	1,6

In Abb. 4 ist $F = f(b)$ für diesen Fall in einer Kurve dargestellt. Aus obigen Betrachtungen ergibt sich folgendes: Man begeht bei den meisten praktischen Ausführungen kaum einen Fehler, wenn man in der Formel (1) c gleich ∞ setzt, den Korrektionsfaktor nach der Formel (4) errechnet und in Formel (2) K angenähert gleich K_1 setzt. K_1 ist in Abhängigkeit von $\varkappa$ in Abb. 5 dargestellt.

Abb. 5. Korrektionsfaktor K_1 ($c = \infty$) in Abhängigkeit von Kurve $K_1 = f(\varkappa)$.

Die bei der Rechnung mit K_1 unter Umständen entstehende Abweichung vom genauen Wert K für endliches c ist sicher kleiner, als wenn man mit dem Korrektionsfaktor K_2 für $c = 0$ rechnen würde. In Zweifelsfällen ist es dagegen zweckmäßig, entweder mit den Formeln (8), (10 und (7) oder mit den Kurven in Abb. 3 die Abweichung festzustellen und wenn nötig, eine diesbezügliche Richtigstellung vorzunehmen.

Zusammenfassung.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß es für die meisten praktischen Fälle richtig ist, wie allgemein üblich, den Abstand Kern – Wicklung gleich unendlich zu setzen und mit dem hierfür gültigen Korrektionsfaktor zu rechnen. In Zweifelsfällen ist es jedoch mittels der angegebenen Formeln und Kurven möglich, die zu erwartende Abweichung festzustellen und zu berücksichtigen.

RUNDSCHAU.

Geräte und Stromrichter.

DK 621.316.54.064.25.001.4 : 621.33.025.1

Beschreibung und Prüfung eines Hochspannungs-Hochleistungs-Bahnschalters. [Nach W. F. Skeats, Electr. Engng. 57 (1938) Trans. Sect., S. 359; 5½ S., 10 Abb.]

Die durch die Veröffentlichungen von Prince bekannte Ölströmungslöschkammer (oil blast explosion chamber), die eine selbsterzeugte Ölströmung zur Lichtbogenlöschung benutzt, wurde weiter durchgebildet. W. Skeats berichtet in einem Vortrag über diese abgeänderte Strömungslöschkammer, die für einen Einphasenschalter für 15 kV Bahnstromversorgung mit 25 Hz verwendet wird.

Ebenso wie bei der früher entwickelten Löschkammer sind zwei Unterbrechungsstellen in ihr angeordnet. Der vom Lichtbogen an der einen Unterbrechungsstelle erzeugte Druck bewirkt, daß die zweite Unterbrechungsstelle in geeigneter Weise einer Ölströmung ausgesetzt ist. Während bei der früheren Ausführung die Ölströmung radial zum Lichtbogen geführt wurde, wird sie bei der geänderten quer zu ihm geleitet. Bei dieser Kammer ist außerdem noch eine fremderzeugte Ölströmung vorhanden. In bekannter Weise wird beim Auslösen des Schalters eine Feder freigegeben, die einen Kolben in Bewegung setzt. Diese Zusatzeinrichtung dient nur zur Erzeugung einer Ölströmung im Bereich kleiner Ausschaltströme; bei hohen Ausschaltströmen ist allein die selbsterzeugte Ölströmung wirksam.

Einen Schnitt durch die für die Lichtbogenlöschung wesentlichen Teile des Schalters zeigt Abb. 1. In eingeschaltetem Zustand drückt das bewegliche Schaltstück *1* gegen das Zwischenschaltstück *2*. Dies wird soweit nach unten gedrückt, bis es mit dem feststehenden Schaltstück *3* Kontakt gibt. Beim Ausschalten wird Schaltstück *1* sehr rasch nach oben bewegt, das Zwischenschaltstück folgt bis zum Ende seines Hubes. An der Unterbrechungsstelle zwischen *2* und *3* wird durch den dort brennenden Lichtbogen Druck erzeugt. Der Druck bewirkt, wie in Abb. 1 angedeutet, eine Ölströmung durch die Querströmwege *6* und *8* gegen den Lichtbogen zwischen *1* und *2*. Öl und Gas gelangen dann über den Kanal *9* in den übrigen Ölraum des Schalters.

1	bewegliches Schaltstück	*6* u. *8*	Querströmungen
2	Zwischenschaltstück	*7*	Umlenker
3	feststehendes Schaltstück	*9*	Öl- und Gasaustritt
4	Kolben zur Erzeugung zusätzlicher Ölströmung	*10*	Ring zur Steuerung des Lichtbogens zwischen *2* und *3*
5	Ventile		

Abb. 1. Schnitt durch die Löschkammer.

Der Kolben *4* ist in der Abbildung am oberen Ende seines Hubes dargestellt. Beim Auslösen des Schalters bewegt er sich unter dem Einfluß einer gespannten Feder nach unten und läßt Öl durch die Ventile *5* in die Querströmkanäle der Löschkammer gelangen. Bei hohen Ausschaltströmen ist infolge der vermehrten Ölgasbildung an der druckerzeugenden Unterbrechungsstelle *2* bis *3* ein höherer Druck in der Kammer vorhanden, als ihn der Kolben erzeugen kann. Die Ventile *5* bleiben dann geschlossen; Öl kann erst durch die Ventile hindurchtreten, wenn der Druck in der Kammer wieder zurückgegangen ist.

An der druckerzeugenden Unterbrechungsstelle zwischen den Schaltstücken *2* und *3* ist mittels eines Ringes *10* für Steuerung der Länge des Lichtbogens gesorgt. Trifft der Lichtbogen den Ring, so entsteht ein Stromverlauf, der ein magnetisches Feld zur Folge hat, das ihn zwingt, auf das Schaltstück *3* zurückzulaufen.

Für den Bahnstromschalter wurde ein Nennausschaltstrom von 65 kA und eine Gesamtkurzschlußdauer von nicht mehr als einer Periode gefordert. Außerdem sollen 50 Kurzschlüsse ohne Schalterüberholung und ohne Ölwechsel erfolgen können. Da für Schaltleistungsprüfungen nur ein Prüfgenerator mit 60 Hz zur Verfügung stand und bei Herabsetzung der Maschinendrehzahl die verfügbare Schaltleistung nur etwa 30% des geforderten Nennausschaltvermögens des Schalters betragen haben würde, wurde eine Kunstschaltung angewandt.

Abb. 2. Prüfschaltung.

Die Prüfung erfolgt dabei mit hohem Strom (bis 67 kA) bei niederer Spannung (etwa 3 kV). Unmittelbar nach Unterbrechung des Lichtbogens wird vermittels der aus Abb. 2 ersichtlichen Anordnung, bestehend aus Hilfsschalter, Einschalter mit Phasenpunktswahl, Transformator und Funkenstrecken, eine hohe Spannung an die Klemmen des zu untersuchenden Schalters gelegt. Vor Beginn der Prüfung werden Hilfsschalter und Versuchsschalter eingeschaltet. Mit dem synchron gesteuerten Schalter wird der Kurzschluß eingeleitet, wobei der Einschaltaugenblick so gewählt wird, daß der Kurzschlußstrom mit einer geringen negativen Welle einsetzt. Hilfsschalter und zu prüfender Schalter lösen etwa 0,6 Perioden nach Beginn des Kurzschlusses aus. Bei dem nun folgenden Nulldurchgang der positiven Welle des Stromes ist die Schaltstrecke so verfestigt, daß der Lichtbogen nicht wieder zündet.

Etwa 25 µs nach erfolgtem Stromnulldurchgang wird die Funkenstreckenanordnung durchschlagen, wodurch sich die durch den Transformator heraufübersetzte wiederkehrende Spannung der Maschine an die Schaltstücke des Versuchsschalters legt. Die Funkenstreckenanordnung besteht aus zwei Kugelfunkenstrecken in Reihe, die beide durch Widerstände von 120 kΩ überbrückt sind; eine der Funkenstrecken besitzt noch eine zweite Überbrückung, bestehend aus einem Widerstand von 1 kΩ in Reihe mit einem Gleichrichter. Die Polarität dieses Gleichrichters ist so gewählt, daß nur ein durch die wiederkehrende Spannung hervorgerufener Strom über sie fließen kann. Die Lichtbogenspannung, die im Augenblick der Trennung der Schaltstücke sich ausbildet, besitzt entgegengesetzte Polarität; der Gleichrichter wirkt demnach hier als Sperre[1]).

Um den Ablauf der Prüfungen in der gewünschten Weise sicherzustellen, ist die Steuerung des Einschaltaugenblicks und der Polarität der Stromwelle mittels des Synchronschalters unerläßlich. Durch die Eigenart der Schaltung ist es bedingt, daß nur Ausschaltversuche und keine Ein-Aus-Schaltprüfungen damit möglich sind.

In der Besprechung des Vortrages werden gegen die Schaltung, die als „synthetische" bezeichnet wird, verschiedene Bedenken geltend gemacht. Es wird unter anderem darauf hingewiesen, daß die Bedingungen im Lichtbogen im Augenblick des Nulldurchganges des Stromes bei dieser Schaltung völlig

[1]) Für die wiederkehrende Spannung besitzt die Funkenstreckenanordnung demnach etwa die halbe Durchbruchsfestigkeit wie für die Lichtbogenspannung.

andere sind als in einem Stromkreis, in dem gleicher Stromanstieg vorhanden ist, jedoch hohe Anfangsspannung. Es wird dabei das unterschiedliche Verhalten ein und desselben Leistungsschalters erwähnt, bei Prüfung in zwei verschiedenen Hochleistungsversuchsfeldern. An Versuchsberichten wird gezeigt, daß hierbei erhebliche Unterschiede in der Lichtbogendauer auftreten können.

Bemerkung des Ber.: Gegen die benutzte Schaltung kann noch eingewendet werden, daß durch die Wahl des Augenblickes der Schaltstücktrennung zu günstige Bedingungen erhalten werden können (vgl. Synchronschalter bei $16^2/_3$ Hz); außerdem wird noch der Hilfsschalter dem Versuchsschalter die Unterbrechung der Kurzschlußleistung des Generators erleichtern. Eine weitere Unsicherheit ist noch dadurch gegeben, daß die Schaltleistungsprüfungen mit einer Frequenz von 60 Hz erfolgten. Bei dieser Frequenz sind erfahrungsgemäß die Löschbedingungen wesentlich günstiger als bei 25 Hz. *O. S.*

DK 621.314.65 : 621.318.7.025.3

Spannungsresonanzkreise zur Beseitigung von Stromrichter-Rückwirkungen in Drehstromnetzen. [Nach L. Lebrecht, AEG.-Mitt. (1938) S. 489; 2 S., 3 Abb.]

Es ist bekannt, daß Stromrichter die Hochspannungsnetze mit Strömen netzfremder Frequenz belasten. Es ist ferner bekannt, daß die Netze Ströme dieser Frequenzen nur in begrenztem Maße liefern können. Daraus ergeben sich Folgerungen für den Bau von Stromrichtergroßanlagen. Ein Mittel, und zwar das beste, weil es das Problem an der Wurzel angreift, ist die Vermeidung störender Oberwellen durch die Wahl vielphasiger Schaltungen der Gleichrichtertransformatoren.

Es gibt jedoch auch Fälle, in welchen ein anderer Weg beschritten werden kann. Er besteht in der Wahl von Schaltungen, welche die Ströme netzfremder Frequenz grundsätzlich in Kauf nehmen, das unerwünschte Eindringen dieser Ströme ins Netz aber verhindern. Folgende Gesichtspunkte sind bei Beschreitung dieses Weges zu beachten: Stromrichteranlagen entnehmen dem Speisenetz ein Gemisch von Strömen verschiedener Frequenzen. Es sei angenommen, daß die eine oder die andere Frequenz, beispielsweise die 11. und 13. Harmonische, stört und daß darum das Netz von den Strömen dieser Frequenz entlastet werden soll. Die Beseitigung der Ströme gelingt dadurch, daß man das Netz möglichst nahe am Verbraucher (Stromrichteranlage) für diese Frequenzen kurzschließt, ohne die Grundfrequenz mit kurzzuschließen. Beide Bedingungen erfüllt ein Spannungsresonanzkreis, dessen Kapazität und Selbstinduktion so gewählt sind, daß sie die störende Frequenz (z. B. 11. und 13.) beseitigen; es ist möglich den Kreis auf eine Zwischenfrequenz abzustimmen, weil dann die Blindwiderstände für die benachbarten Frequenzen (11. und 13.) noch genügend klein sind. Wenn das Netz von den Oberströmen entlastet werden soll, müssen diese Ströme in voller Höhe vom Spannungsresonanzkreis aufgenommen werden. Die Grundlage für die Bemessung dieser Kreise ist also ein gegebener Wert des Oberwellenstromes, der von der Art und Größe der Stromrichteranlage abhängt. Man kann dem Resonanzkreis Kondensatoren verschiedener Größe geben; denn zu jeder Kapazität gibt es eine passende Selbstinduktion, welche die Resonanzbedingung erfüllt. Je kleiner aber die Kapazitäten sind, desto größer ist die Spannungsbeanspruchung der Kondensatoren durch die Oberwellenspannung, weil diese durch das Produkt des gegebenen Oberwellenstromes und der kapazitiven Reaktanz bestimmt ist. Außer der Oberwellenspannung liegt an den Kondensatoren noch die Grundwellenspannung. Diese ist von der Größe des Kondensators im wesentlichen unabhängig, weil die Drosselspule für die Grundfrequenz nur die Bedeutung eines kleinen induktiven Widerstandes hat. Darum hat der Spannungsresonanzkreis für die Grundfrequenz rein kapazitiven Charakter und entnimmt dem Speisenetz einen entsprechenden Ladestrom. Ein für eine bestimmte Grundwellenspannung gebauter Kondensator kann aber nicht mit einem beliebig großen Maß von Oberwellenspannung zusätzlich belastet werden. Will man die Oberwellenbeanspruchung in mäßigen Grenzen halten, so muß man den Kondensator entsprechend groß machen. Man bekommt dann als Nebenerzeugnis einen der Größe des Kondensators entsprechenden Blindstrom der Grundfrequenz. Spannungsresonanzkreise lassen sich also dort mit Aussicht auf wirtschaftlichen Vorteil anwenden, wo die Lösung eines Oberwellenproblems mit der Lösung eines cos φ-Problems verbunden werden kann. Die Bemessung der Spannungsresonanzkreise ist aber dort schwierig, wo schon vor Anschluß der Stromrichteranlage eine Oberwelle der Resonanzkreisfrequenz in der Netzspannung vorhanden ist; es ist dann in den seltensten Fällen vorauszusagen, welchen Strom von Resonanzfrequenz das Netz in den Resonanzkreis liefern wird. Es kann dann notwendig werden, den Resonanzkreis gegen das Netz abzuschirmen. *Vb.*

DK 621.366.015.51.001.5 : 621.318.4

Entladungsvorgang bei Zündspulen. [Nach S. Mochizuki u. J. Miyoshi, Electr. J. 34 (1938) S. 142; 3½ S., 9 Abb.]

S. Mochizuki u. J. Miyoshi geben einen Überblick über den Entladungsvorgang bei Zündspulen. Dieser interessiert mit Rücksicht auf die Zündung von Otto-Motoren. Anknüpfend an die grundsätzliche Arbeit von Jones[1]) und auf die Arbeiten von Finch und Sutton und von Mc Farlane[2]) entwickeln die Verfasser nach klarer Aufstellung der Anfangsbedingungen die Differentialgleichungen für die beiden Teile der Zündspulenentladung: den kapazitiven Teil, in der Zündungssprache „Funkenkopf", und den Lichtbogenteil, in der Zündungssprache „Funkenschwanz" genannt.

Während für den kapazitiven Teil die Lösung der aufgestellten Gleichung nicht angegeben und auf die Schwierigkeiten der experimentellen Untersuchung dieses Teils hingewiesen wird, befassen sich die Verfasser ausführlich mit dem auf den kapazitiven Teil folgenden Lichtbogen und lösen die auf Basis konstanter Lichtbogenspannung aufgestellten Differentialgleichungen für den Sekundärstrom, den Primärstrom und die Ladung des Primärkondensators.

Die Lösung für den Sekundärstrom zeigt, daß der Strom im Lichtbogen sich zusammensetzt aus einem mit der Zeitkonstanten des Sekundärkreises L_2/R_2 abklingenden Gleichstrom und einer diesem Gleichstrom überlagerten gedämpften Schwingung, die vom Primärkreis aufgedrückt wird. In einer Reihe guter Kathodenstrahl-Oszillogramme wird der Verlauf des Lichtbogenstroms auch experimentell gezeigt. Der Einfluß der Kopplung und der Konstanten des Primärkreises auf die Bedeutung der dem Gleichstrom überlagerten Welle wird erörtert, auch für den Fall, in dem diese Welle zu einem Nulldurchgang des Sekundärstroms führt.

An Hand von Spannungsoszillogrammen wird noch dargelegt, wie sich eine Entladung in mehrere Teilentladungen auflösen kann, dadurch, daß nach dem Abreißen des Lichtbogens die Restenergie zu einer neuen Aufladung der Sekundärkapazität mit nachfolgendem Überschlag und Lichtbogen führt. *E. Kl.*

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.311.21.078

Selbstgesteuerte Wasserkraftwerke. [Nach L. Besnard, Rev. gén. Électr. 44 (1938) S. 67; 33 S., 35 Abb.]

Der Verfasser gibt einen Überblick über den Stand der Selbststeuertechnik für Wasserkraftanlagen. Die besondere Berechtigung und der überlegene Nutzen der Selbststeuerung bei Wasserkraftwerken gründet sich auf die bessere Wirtschaftlichkeit dieser Betriebsform und ihre inzwischen zuverlässig bestätigte größere Betriebssicherheit. Bei kleinen Anlagen vermittelt die Selbststeuerung oder Fernbedienung überhaupt erst die zu fordernde Wirtschaftlichkeit der Durchführung des laufenden Betriebes und rechtfertigt dadurch erst den Ausbau dieser Anlagen. Gerade diesen betont wirtschaftlichen Vorzügen selbstgesteuerter Betriebsführung von Wasserkraftwerken trägt man heute in den V. S. Amerika schon dadurch Rechnung, daß man kleine und mittlere Anlagen nur noch selbstgesteuert oder fernbedient betreibt, und daß man in den großen Anlagen sogar nachträglich die Ergänzung auf örtlich weitgehend selbstgesteuerten Betrieb anstrebt und in vielen Fällen schon verwirklichte.

Als Grundformen neuzeitlicher Betriebsführung von Wasserkraftanlagen werden die Verfahren der halbselbsttätigen, der fernbedienten und der vollselbsttätigen Betriebsgestaltung erläutert. Bei den halbselbsttätig betriebenen Anlagen erfolgt die In- und Außerbetriebnahme durch die Befehlsgabe eines Wärters, wobei, gestützt auf eine örtliche Selbststeuerausrüstung, der Anfahrvorgang und das Stillsetzen auf einen einzigen Befehl hin vor sich gehen können oder auch bei Steuerung der Einzelvorgänge mit Handbedienung. Für die fernbediente Betriebsführung werden die fünf geläufigsten Möglichkeiten der Befehlsvermittlung und -Fernübertragung behandelt. Bei der Erörterung des vollselbsttätigen Betriebes wird eingegangen auf die Befehlsgabe zur Inbetriebnahme oder

[1]) E. T. Jones, Induction Coil, Theory and Applications (1932).
[2]) G. I. Finch & R. W. Sutton, Phys. Soc. 45 (1933) S. 288. W. Mc Farlane, Phil. Mag. 16 (1933) S. 865.

zum Stillsetzen der Maschinengruppen durch eine Schaltuhr, also nach einem vorbereiteten Zeitplan, oder auch durch einen Wasserstandswächter, d. h. in Abhängigkeit von dem an der Staustufe anfallenden Wasservorrat.

Während ursprünglich für selbstgesteuerte Wasserkraftanlagen Asynchrongeneratoren bevorzugt wurden, um die Überlegenheit der einfachsten Betriebsgestaltung mit dieser Maschinengattung auszunutzen, werden heute meist Synchronmaschinen eingebaut, nachdem die Entwicklung der Selbststeuertechnik mit gleicher Zuverlässigkeit auch die Anfahr-, Zuschalt- und Stillsetzvorgänge bei diesen Stromerzeugern zu beherrschen gestattet. Bei der genaueren Erläuterung der Selbststeuerung der Betriebsvorgänge wird hinsichtlich des Anfahrens zur Inbetriebnahme unterschieden zwischen der Heranziehung der Turbinen als Antrieb beim Hochfahren oder auch der Generatoren, die dabei dann motorisch betrieben werden. In diesem Zusammenhang werden die verschiedenen Verfahren des selbstgesteuerten Zuschaltens von Asynchrongeneratoren und von Synchronmaschinen mit Grobsynchronisierung, Selbstsynchronisierung oder auch Parallelschaltung mit genauem Phasenabgleich erläutert; von verschiedenen Firmen für diese Aufgaben durchgebildete selbsttätig wirkende Frequenzabgleicher und Parallelschaltgeräte sind kurz beschrieben. Selbstgesteuerte oder fernbediente Wasserkraftwerke werden mit größerer Sorgfalt, als im handbedienten Kraftwerksbetrieb üblich und erforderlich, mit Schutzeinrichtungen für den elektrischen und mechanischen Teil der Anlagen ausgerüstet. Im Fehlerfall werden in Anpassung an die Eigenart der Störung die Sicherungsmaßnahmen selbsttätig eingeleitet, die die Verhütung größeren Schadens für den Betrieb oder die Betriebsmittel gebietet. An ausgeführten Beispielen wird die Technik der Selbststeuerung und selbsttätigen Betriebsüberwachung von Wasserkraftanlagen erläutert. *F. Jg.*

DK 621.316.995

Tiefenerder aus Kupfer. [Nach Electr. Tms. 94 (1938) S. 477; $1^1/_4$ S., 3 Abb.]

Bei verschiedenen Versuchen haben sich Tiefenerder aus Rohren mit geringem Durchmesser als zweckmäßig erwiesen, weil sie mit einfachen Mitteln das Erreichen von tiefliegenden Erdschichten mit hoher elektrischer Leitfähigkeit gestatten. Während man solche Versuche in Deutschland mit Eisenrohren durchführte[1]), wurden in England Kupferstangen und -rohre benutzt, die Eisenrohren gegenüber den Vorteil einer zwei- bis fünfmal besseren Korrosionsbeständigkeit besitzen sollen. Da es unmöglich ist, Rohre mit kleinem Durchmesser ($^3/_8$″ bis ½″) mit schweren Schlägen einzutreiben, wurde zum Eintreiben ein leichter elektrischer Handhammer verwendet, der zahlreiche leichte Schläge ausführt. Die Versuche verliefen bei den verschiedensten Bodenarten günstig. Kupferrohre mit Durchmessern von $^3/_8$″ und ½″ und Längen von 1,8 und 2,4 m konnten mittels des elektrischen Hammers in Lehmboden in kurzer Zeit (0,7 bis 4,5 min) eingetrieben werden, wobei Erdübergangswiderstände zwischen 2,8 bis 4,2 Ω zu messen waren. In der Nähe eines Steinbruches, also in steinigem Untergrund, waren Rohre mit gleichen Abmessungen in 1,2 bis 1,75 min einzutreiben. Hier verzichtete man leider auf die Messung der Erdungswiderstände; auf Grund früherer Versuche konnte jedoch auf Widerstände zwischen 70 bis 220 Ω geschlossen werden. Schließlich wurden noch in Kiesboden Versuche angestellt, bei denen das Erreichen genügend niedriger Erdungswiderstände nur durch Tiefenerder mit Längen über 8 m möglich war. Bei diesen Versuchen verwendete man Kupferstangen mit ½″ Dmr. und Einzellängen von 2,4 m; die aufeinanderfolgenden Rohre wurden mittels Hülsen verbunden. In einer Zeit von etwa 11 min gelang es hier, Erder mit einer Gesamtlänge von 13,5 m einzutreiben, wobei sich ein Erdungswiderstand von 94 Ω ergab. Dieser Wert zeigt, daß der Untergrund für Erdungszwecke wirklich nur schlecht geeignet war, und auch diese Versuche beweisen augenfällig für bestimmte Bodenarten den Vorteil von Tiefenerdern gegenüber Oberflächenerdern. *Dw.*

Elektrische Maschinen.

DK 621.313.047.4

Bestimmung der wirklichen Berührungsfläche eines Bürstenkontaktes. — Über die auf die wirkliche Berührungsfläche bezogene Reibungskraft. [Nach R. Holm, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 17 (1938) H. 4, S. 43 u. 38; 5 S., 2 Abb. und 5 S., 1 Abb.]

Die zuerst genannte Arbeit bringt die erste Bestimmung von wirklichen Berührungsflächen in einem Schleifkontakt (Elektrographit gegen Kupferring). Die Kontaktfläche besteht aus einer Anzahl n verschieden großer und verschieden geformter Teilflächen. Die Anzahl n wird nach einem statistischen Verfahren mit Hilfe von Dochten in der Bürste gemessen. Ein Docht ist ein in der Schleiffläche mündender isoliert eingekitteter Zylinder aus dem Bürstenwerkstoff. Der zum Docht fließende Teilstrom wird registriert. Aus der Größe der Ruhepausen, in denen der Docht stromlos bleibt, läßt sich die mittlere Anzahl der den Docht treffenden Berührungsflächen berechnen. Die Anzahl Teilberührungsflächen der ganzen Bürste ist dann im Verhältnis Bürstenfläche zu Dochtfläche größer. Widerstandsmessungen gestatten die weitere Bestimmung der Größe der Berührungsfläche. Ihre Form hat hier nur einen kleinen Einfluß und kann durch einen passenden Faktor genügend berücksichtigt werden. Bei einer Druckkraft von 500 bis 1000 g auf einer durch langes Einschleifen gut angepaßten, aber nach Abputzen des Ringes nur wenig weiter eingeschliffenen Bürste mit einer eingeschliffenen Fläche von rd. 2 cm² ergibt sich n von der Größenordnung 6 bis 18 bei einer Gesamtgröße der Berührungsfläche von etwa 10^{-3} cm², einem wirklichen Kontaktdruck von 0,8 bis 1,2 t/cm² entsprechend. Die Härte des betreffenden Graphits war 1,4 t/cm².

Wenn auch die Reibungszahl μ des Schleifkontaktes gemessen wird, so kann man die Reibungskraft nun je cm² wirklicher Berührungsfläche berechnen. In anderen Fällen, z. B. beim Kontakt zwischen gekreuzten Drähten, erhält man bleibende Eindrücke, welche es gestatten, die wirkliche Berührungsfläche mikroskopisch zu bestimmen. So gelingt es, wie in der zweiten oben genannten Arbeit beschrieben wird, an verschiedenen Kontakten die Reibungskraft Ψ je cm² wirklicher Berührungsfläche zu bestimmen. An reinen Metallflächen im Vakuum wird Ψ viel größer als die makroskopisch gemessene Zerreißfestigkeit der Kontaktglieder, sogar einige Male größer als die Druckhärte. In Luft sind alle Stoffe mit Fremdschichten überzogen, welche den Kontakt mehr oder weniger schmieren und die Reibungszahl herabsetzen. Ψ wird hier von der Größenordnung 0,5 bis 1 t/cm², also immerhin erstaunlich groß. *Vb.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.2.022

Das Hochleistungsprüffeld von Charleroi–Jeumont. [Nach A. Monchamps, Rev. gén. Électr. 44 (1938) S. 293; 10 S., 15 Abb.]

A. Monchamps beschreibt den Aufbau der Anlage, die mit einem besonders für Kurzschlußversuche gebauten Turbogenerator mit 3000 U/min ausgerüstet ist. Die Abmessungen des Generators entsprechen einer Dauerleistung von 80 000 kVA. Die Mehrfachwicklung ist umschaltbar auf 18, 10, 9 und 5 kV und liefert in der 5 kV-Schaltung einen effektiven Kurzschlußstrom von 127 kA, dem ein Stoß-Kurzschlußstrom von 324 kA entspricht. Der asynchrone Antriebsmotor hat eine Leistung von 2500 PS bei 6,3 kV und läßt sich bei den Versuchen während des Laufes abkuppeln. Die Abbremsung des Maschinensatzes erfolgt durch Erregung des Motorständers mit Gleichstrom unter Vernichtung der Energie in dem Flüssigkeitsanlasser des Läufers als Bremswiderstand. Für Versuche mit höheren Spannungen dient ein Satz von drei Einphasentransformatoren, die auf 24 kV, 30, 41, 82, und 142 kV umschaltbar sind. Ferner steht ein Hochstromtransformator zur Verfügung, der 15 min lang 50 kA bei 300 V und 600 kA während 1 s und 150 kA bei 200 V während 1 s liefern kann. Zur Einstellung des gewünschten Kurzschlußstromes bei einer bestimmten wiederkehrenden Spannung dient ein Satz eisenloser Drosselspulen mit vielfachen Anzapfungen. Das Verhalten der zu untersuchenden Schalter kann vom Befehlsstand aus durch einen Sehschlitz beobachtet werden, der vorsorglich mit einer 6 cm dicken Triplex-Glasscheibe abgedeckt ist. Am Prüfling entstehende Brände können vom Schaltpult aus durch Entleeren einer Batterie großer Flaschen mit verdichtetem CO_2 im Entstehen gelöscht werden. In dem Hochleistungsprüffeld sind bisher rd. 2000 Versuche ausgeführt worden, wobei symmetrische Kurzschlußleistungen von 1250 MVA mit dem Generator allein und 1050 MVA einschließlich Transformator im Höchstfalle gemessen wurden. Für die Aufnahme der symmetrischen Ausschaltleistung wird durch nicht näher angegebene Maßnahmen das Gleichstromglied des Kurzschlußstromes unterdrückt. Bei den Versuchen können die drei Ströme und Spannungen, die Bewegung der Schaltstifte, die Schalterarbeit und beliebige weitere Größen oszillographisch aufgezeichnet werden. Für die Aufnahme schnell verlaufender Vorgänge steht ein Kathodenstrahloszillograph zur Verfügung. Es fällt auf, daß Ströme und Spannungen allem Anschein nach nur mittels Strom- und Spannungswandlern gemessen werden, während man in Deutsch-

[1]) O. Dworek, ETZ 59 (1938) S. 185.

land hierfür Nebenschluß- und Vorschaltwiderstände bevorzugt. Der Leistungsfaktor bei den Kurzschlußversuchen wird nicht durch zusätzlich in den Stromkreis eingeschaltete Widerstände auf den nach den französischen Vorschriften zugelassenen Höchstwert von $\cos \varphi = 0{,}15$ eingestellt, sondern beträgt bei den Versuchen mit dem Generator allein rd. 0,05 und 0,07 einschließlich Transformator. Über die Einschwingfrequenz der wiederkehrenden Spannung werden keine Zahlenangaben gemacht, sondern nur gesagt, daß sie wesentlich höher als im Netzbetrieb liegt. Der Verfasser zieht den Schluß, daß infolge der erheblich größeren Schwere der Abschaltbedingungen auf dem Prüfstande auf die Anwendung besonderer Sicherheitsfaktoren bei der Angabe der Abschaltleistung verzichtet werden kann.

Bei jedem zu untersuchenden Schalter wird zunächst festgestellt, ob er bei Nennspannung seinen Nennstrom sicher unterbricht. Dann folgt eine Prüfung mit dem Hochstromtransformator auf thermisches und elektrodynamisches Verhalten beim Nennausschaltstrom. Dann erst werden die Abschaltversuche bei voller wiederkehrender Spannung bis zum Nennausschaltstrom durchgeführt. Die erhebliche Kurzschlußleistung der Anlage gestattet, die Mehrzahl der Schalter mit ihrer garantierten Abschaltleistung bei voller wiederkehrender Spannung zu prüfen, ohne daß irgendwelche Kunstschaltungen angewendet zu werden brauchen. Außer Schaltgeräten werden Sammelschienenstützer und Trennschalter, Reaktanzspulen, Stromwandler, Transformatoren und Differentialschutzrelais untersucht. In dem Hochleistungsprüffeld wurden Versuche an Ölschaltern, Wasserschaltern und Preßluftschaltern ausgeführt. Der Verfasser beschreibt zum Schluß einen ölarmen Hochspannungsschalter für 90 kV mit 53 kg Ölfüllung je Pol. Der Schalter unterscheidet sich von den bekannten Ausführungen der ölarmen Bauart durch zwei Unterbrechungsstellen je Pol und die Anordnung der beweglichen Schaltstücke an einer um ihre senkrechte Achse drehbaren Isolierrohrwelle. Die Unterbrechung findet in einem gegen Witterungseinflüsse durch einen Porzellanüberwurf geschützten Rohrbehälter aus Hartpapier statt, der unten und oben durch eingesetzte Böden aus Hartpapier abgeschlossen ist. Die obere Platte ist mit einer Reihe von Bohrungen versehen, durch die bei starken Strömen unter dem Einfluß der Ölgaserzeugung des Lichtbogens der unteren Schaltstelle der obere Lichtbogen einer kräftigen Ölbewegung ausgesetzt wird. Radial unter dem oberen Abschlußboden angeordnete Stege aus keramischem Baustoff verhindern hierbei ein Verkohlen des Hartpapiers. Bei kleinen Strömen arbeitet der Schalter wie ein gewöhnlicher Ölschalter mit zwei offenen Unterbrechungsstellen. In den Schaltgefäßen ist am oberen Ende je ein Schaufelkranz angeordnet, dem die Aufgabe zufällt, das Öl von den Schaltgasen zu trennen, die durch eine Auspufföffnung entweichen können. Sämtliche Isolierstrecken sind senkrecht angeordnet, um Niederschlägen von Ruß und Schlamm vorzubeugen. Die Schalter bis zur Nennspannung von 150 kV einschließlich haben keinen mit dem Schalter zusammengebauten Trennschalter; mit diesem sind nur die Schalter für 220 kV ausgerüstet. Die Lichtbogendauer beträgt 3 bis 4 Hundertstel Sekunden. Die Schalter können mit Hubmagnet- oder Motorantrieb betätigt werden. Das sachgemäße Ausschalten wird an zwei Oszillogrammen bei 680 MVA, 72 kV und bei 1010 MVA, 71,5 kV nachgewiesen. *W. Es.*

DK 621.357.7 : 538.082

Magnetische Schichtdickenbestimmung von Überzügen. [Nach A. Brenner, Bur. Stand. J. Res., Wash. 20 (1938) S. 357; 12 S., 5 Abb.]

Die Dicke unmagnetischer Überzüge (Verzinkungen, Emaillierungen) auf Eisen- und Stahlunterlagen läßt sich bequem zerstörungsfrei aus der Änderung der Anzugskraft eines kleinen Magneten bestimmen. Eine hierfür geeignete Federwaage wird beschrieben und das Verfahren einer eingehenden Untersuchung unterzogen. Die Wahl des Magneten hängt von der zu messenden Schichtdicke ab, wobei sich kleine Magnete (Co-Stähle von etwa 1 mm Dicke, 30 mm Länge und rd. 6 g Anzugskraft) durch hohe Empfindlichkeit für dünne Schichten auszeichnen, wegen der Nichtlinearität der Zugkraft-Kennkurve jedoch nicht für stärkere Schichten (um 0,025 mm) geeignet sind, während größere Magnete (etwa 2 mm Dicke, Anzugskraft etwa 40 g) zwar Proportionalität zwischen Abstand und Änderung der Haltekraft, aber für dünne Schichten zu kleine Effekte zeigen. Die Abnahme der Anzugskraft beträgt für die erstgenannten Magnete bei Trennschichten von 0,0025 mm Dicke rd. 20%, bei 0,025 mm Dicke 75% des Zugkraftwertes bei unmittelbarer Berührung (bei stärkeren Magneten 2,2 bzw. 20%), ist also bequem meßbar. Die Eichung des Gerätes erfolgt empirisch. Krümmungen der Oberfläche und ebenso Verschiedenheiten der magnetischen Eigenschaften der Unterlage spielen keine wesentliche Rolle, da es sich meist um ähnlichen Werkstoff (weiches Stahlblech) handelt, dagegen können allzu große Rauhigkeiten eine Fehlerquelle bilden. Als Genauigkeit der Dickenbestimmung wird auf Grund durchgeführter Vergleichsmessungen ± 10% für Schichtdicken stärker als 0,005 mm angegeben. Nach grundsätzlich demselben Verfahren kann auch die Dicke von Vernicklungen bestimmt werden. *Kmn.*

DK 621.317.785

Prüfungen und Beglaubigungen.

Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

„Bekanntmachung Nr. 485[1])

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, sind die folgenden Elektrizitätszählerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen und ist ihnen das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden.

I. System 197, die Formen CG8, DG8, CG8d und DG8d, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom.

II. Zusatz zu dem System 197, die Formen CG9, DG9, CG9d und DG9d, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom,

sämtlich hergestellt von der Firma Paul Firchow Nachfgr. Aktiengesellschaft in Berlin.

Berlin-Charlottenburg, den 20. August 1938.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
In Vertretung:
Giebe."

Beschreibung[2])

Zu I.

1. Meßbereiche.

Die Zähler sind zur Messung des Verbrauches in einphasigen Wechselstromanlagen bestimmt, und zwar unter der Formbezeichnung CG8 in Zweileiter- und unter der Formbezeichnung DG8 in Dreileiteranlagen. Als Doppeltarifzähler ohne eingebaute Umschaltuhr führen sie die Formzeichen CG8d bzw. DG8d. Die Zähler können für Nennstromstärken von 1,5 bis 30 A, für Nennspannungen bis 400 V und für die Nennfrequenz 50 Hz beglaubigt werden.

Die Doppeltarifeinrichtung ist die gleiche wie die in der Bekanntmachung Nr. 473[3]) vom 5. 4. 1938 beschriebene Einrichtung der Zähler der Form MG7d.

Abb. 3. Schaltung eines Zählers der Form CG 8.

2. Wirkungsweise.

Der Zähler (Abb. 3) ist ein Induktionsmotor, dessen Kurzschlußanker *a* aus Aluminium durch einen (in der Abbildung nicht dargestellten) Dauermagneten gebremst wird. Das U-förmige Stromeisen ist unterhalb, das dreizinkige Spannungseisen oberhalb der Aluminiumscheibe angeordnet. Die Einstellung der 90°-Phasenverschiebung zwischen dem wirksamen Strom- und Spannungsfeld bei induktionsfreier Belastung erfolgt mittels der auf einer drehbaren Achse sitzenden Kupferflügel *f*. Zur Kompensation der Reibung dient der drehbare schwalbenschwanzförmige Eisenflügel *g*. Der motorisch wirk-

[1]) Reichsministerialblatt 1938, S. 614.
[2]) Auszug aus dem Sonderdruck über die Bekanntmachung Nr. 485 der PTR. Zu beziehen durch die Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin.
[3]) ETZ 59 (1938) S. 944.

same, die Triebscheibe durchsetzende Teil des von der Spannungsspule erzeugten Kraftlinienflusses wird durch eine um die Ankerscheibe herumgreifende Eisenzunge *e* zum Spannungseisen zurückgeführt. Ein Teil dieser Zunge ist aus einem Bimetallstreifen hergestellt, um die Abhängigkeit der Zählerangaben von Temperaturänderungen herabzusetzen, indem bei steigender bzw. fallender Temperatur der Luftspalt zwischen der Ankerscheibe und der Zunge vergrößert bzw. verkleinert wird. Durch einen Anschlag ist dabei die Annäherung der Zunge an die Scheibe begrenzt. Zur Verhütung von Leerlauf dient ein an der Ankerachse sitzendes Eisendrähtchen, das von einem am Spannungseisen sitzenden verbiegbaren Streublech *k* angezogen wird.

3. Eigenschaften.

Das Drehmoment der untersuchten Zähler betrug bei Nennlast etwa 4,8 bis 5,2 cmg. Der Anlauf erfolgte bei induktionsloser Belastung mit etwa 0,3 bis 0,4% des Nennstromes. Das Ankergewicht wurde bei einem Zähler zu 28 g, die Drehzahl der Zähler bei Nennlast zu 28 U/min ermittelt. Der Eigenverbrauch in den Spannungskreisen betrug bei 220 V Nennspannung etwa 0,58 W und bei 380 V Nennspannung etwa 0,63 W. Der Eigenverbrauch in den Hauptstromkreisen belief sich bei 5 A Nennstromstärke auf etwa 0,41 W und bei 30 A Nennstromstärke auf etwa 1,35 W.

Zu II.

Die unter I. dieser Bekanntmachung zur Beglaubigung zugelassenen Wechselstromzähler der Formen CG8, DG8, CG8d und DG8d werden auch in abgeänderter Ausführung unter den Formzeichen CG9, DG9, CG9d und DG9d hergestellt. Die Abänderung besteht darin, daß die Strom- und Spannungsspulen andere Wickeldaten haben und daß die Drehzahl durch Verwendung eines stärkeren Bremsmagneten herabgesetzt ist. Die Zähler können für Nennstromstärken von 1,5 bis 15 A, für Nennspannungen bis 400 V und für die Nennfrequenz 50 Hz beglaubigt werden.

Die Drehzahl der untersuchten Zähler betrug bei Nennlast 22 U/min. Der Eigenverbrauch in den Spannungskreisen betrug bei 220 V Nennspannung etwa 0,62 W. Der Eigenverbrauch in den Hauptstromspulen belief sich bei 5 A Nennstromstärke auf etwa 0,36 W und bei 15 A Nennstromstärke auf etwa 0,50 W. Drehmoment, Anlauf und Ankergewicht hatten die gleichen Werte, wie sie für die Zähler unter I. dieser Bekanntmachung angegeben sind.

Elektrowärme.

DK 621.365.44

Über die Vorgänge in Elektroden-Salzbadöfen. [Nach K. A. Lohausen, Elektrowärme 8 (1938) S. 283; 6 S., 14 Abb.]

Die in den letzten Jahren stark in Gebrauch gekommene Einsatzhärtung mittels zyanalkalihaltiger Salzbäder bedingt — abweichend von der bisherigen Bauform des Elektroden-Salzbades[1]) — die Verwendung eiserner Tiegel, da Schamotte von den Zementationssalzen angegriffen wird. Dies führte zu neuen Anordnungen der Elektroden, die nun nicht mehr in die Gefäßwand eingelassen werden können, anderseits aber — um Raum für das Einsatzgut zu geben — aus der Badmitte heraus möglichst nahe an die Tiegelwand herangerückt werden. Hier findet die Erwärmung des Salzes durch Stromdurchgang statt. Die eine der neueren Bauarten[2]) benutzt ein oder mehrere Elektrodenpaare, deren Einzelelektroden einander dicht gegenüberstehen, so daß der Strom in der Hauptsache nur zwischen ihnen übergeht. Die infolge der Überhitzung des Salzes von diesen Stellen ausgehende starke Baddurchwirbelung schafft eine gute Temperaturgleichmäßigkeit im übrigen Badraum[3]). Bei einer anderen Form[4]) sind plattenförmige Elektroden in der Nähe des leitenden Tiegels angebracht; hierbei wird erwartet, daß der Strom in der Hauptsache nur von den Elektroden zum Tiegel fließt, also den Innenraum des Bades freiläßt. Strommessungen, die mit einem neuartigen Gerät im Bade eines derartigen Platten-Elektrodenbades vorgenommen wurden, zeigten jedoch, daß die Stromdichte im Innenraum von der gleichen Größenordnung wie zwischen Elektroden und Tiegelwand ist. Dies wird auf das Vorhandensein einer kälteren, also schlechter leitenden Salzschicht an der kälteren Tiegelwand zurückgeführt. Da eine starke Überhitzung und Baddurchwirbelung einen schnellen Verbrauch der Zementationssalze bedingt und das Plattenelektrodenbad den angestrebten Zweck nicht voll erreicht, und in ihm die Erwärmung des Nutzraumes nur durch Wärmeleitung vor sich geht, so besteht nach wie vor Bedarf nach einer Badform, die bei Freihaltung des Nutzraumes vom Stromdurchgang eine gute Temperaturgleichmäßigkeit mit möglichst geringer Überhitzung und geringer Geschwindigkeit der Salzbewegung erzielt. Die von Blomberg angegebene Badform[1]) erfüllt diese Forderungen durch eine Strömungsführung in Form einer Scheidewand, die den die Elektroden enthaltenden Heizraum und den Nutzraum bis auf zwei oben und unten angeordnete Durchtrittsspalte trennt und die Salzbewegung ordnet (Abb. 4). Die Strömungsgeschwindigkeit über

Elektroden Salzströmung Tiegel Heizraum Scheidewand Nutzraum Elektroden K45543

Abb. 4. Elektroden-Salzbadofen mit Scheidewand für die Strömungsführung.

der Scheidewand beträgt nur etwa 5 cm/s, die Fallgeschwindigkeit des im Nutzraum abkühlenden Salzes nur etwa 1 cm/s. Die Temperaturunterschiede im eigentlichen Nutzraum betragen nur 3° C bei einer Durchschnittstemperatur von 800° C. Die Übertemperatur im Heizraum beträgt 9° C. Nach Entfernung der Scheidewand geht die geordnete langsame Badbewegung in eine starke Durchwirbelung über, die Temperaturunterschiede steigen auf mehr als das Doppelte. Beim Einbringen kalten Einsatzgutes in das Blomberg-Bad zeigt sich eine Art Selbstregelung durch Vergrößerung der Strömungsgeschwindigkeit bis zum Doppelten, so daß die Wärmezufuhr verbessert wird. Auch in ungünstigen Fällen sinkt die Temperatur unmittelbar neben dem eingebrachten kalten Einsatz nur kurzzeitig um etwa 3%. Die Anheizzeit ist durch Wahl passender Elektrodenabstände, die hohe Anheizspannung und -leistung ermöglichen, auf etwa 50% der sonst nötigen herabgesetzt; zudem können die bisher üblichen besonderen Anheiz-Tauchwiderstände oder Zündelektrodensätze eingespart werden.

eb.

[1]) E. Schmidt, Elektrowärme 2 (1932) S. 253.
[2]) DRP 560 554.
[3]) A. v. Zeerleder, Elektrowärme 8 (1938) S. 105.
[4]) DRP 621 539.

Lichttechnik.

DK 536.5.001.24

Die Temperatur von Stäben und Drähten bei starker Erwärmung. [Nach J. Fischer, Z. Phys. 110 (1938) S. 397; 31 S., 9 Abb.]

Die bisherigen Berechnungen nehmen im allgemeinen für den Wärmeverlust durch die Oberfläche eines Stabes oder Drahtes die Gültigkeit des Newtonschen Gesetzes an, daß die Wärmeabgabe proportional der Temperaturdifferenz gegen die Umgebung ist. Dieses Gesetz gilt aber nur für kleine Temperaturdifferenzen und ist daher bei starker Erwärmung nicht brauchbar. J. Fischer führt für den Fall, daß die Wärmeabgabe durch Strahlung klein gegen die Verluste durch Konvektion und Leitung ist, die Berechnung für zwei der wichtigsten Aufgaben durch: den Stab, dessen Enden auf konstanter Temperaturdifferenz gehalten werden, und den stromgeheizten Draht. Als Grundlage dienen die Nusseltschen Untersuchungen, nach denen die spezifische Wärmeabgabe

[1]) DRP 586 651 u. DRP 588 437.

durch $a\tau + b\tau^3$ gegeben ist, wenn τ die Temperaturerhöhung ist. Die stationäre Temperaturverteilung läßt sich in beiden Fällen durch tabellierte elliptische Funktionen ausdrücken. Für die Berechnung der Temperaturerhöhung in der Mitte des stromgeheizten Drahtes wird ferner ein Näherungsverfahren angegeben, das für beliebige Längen und Temperaturen und bei allen in Betracht kommenden Wärmeabgabegesetzen gültig ist. *Br.*

Verkehrstechnik.

DK 621.335.4 (73/79)

Leichtgewichtswagen der Straßenbahn in Atlantic City. [Nach Transit J. 82 (1938) S. 306; 2½ S., 4 Abb.]

Die neuen Wagen für Einmannbetrieb mit 52 Sitzplätzen haben je einen Eingang an den Einstiegseiten der Wagenenden und Ausgänge in der Wagenmitte. Die Türen werden elektropneumatisch betätigt. Die Einstiegtür ist mit dem elektrischen Steuerstromkreis verriegelt, so daß der Wagen nur bei geschlossenen Türen anfahren kann. Die Wagen haben künstliche Lüftung, im Winter kann die zugeführte Frischluft über die Anfahr- und Bremswiderstände geleitet werden. Auf gute Wagenfederung und geräuschlosen Lauf ist besonderer Wert gelegt, indem überall Gummiabfederung und gummigepolsterte Räder verwendet wurden. Der in den V. S. Amerika übliche Fußbremshebel setzt nacheinander die elektrische Kurzschlußbremsung, elektrische Schienenbremsen und schließlich die Luftdruckbremse in Tätigkeit. Der Wagen erhielt vier selbstgelüftete Motoren von je 41 kW Stundenleistung bei 156 A, 300 V und 1670 U/min.; zwei Motoren sind immer in Reihe geschaltet. Bei einem Wagengewicht von 14,4 t und 2,7 t Belastung wird eine Beschleunigung von 1,8 m/s² und eine Höchstgeschwindigkeit von 67,5 km/h erreicht; die Steuerung sieht 260 Widerstands- und Feldschwächungsstufen vor. Ein Motorgenerator liefert den Batterieladestrom mit 32 V Spannung und treibt gleichzeitig den Luftverdichter. Der Strom für die Schienenbremsen, die Steuerstromkreise, Signaleinrichtungen und die Notbeleuchtung wird einer alkalischen Batterie von 60 Ah bei zwölfstündiger Entladung entnommen. Das Äußere des Wagens ist durch Stromlinienform und mehrfarbigen Anstrich besonders anziehend gestaltet. *Dtt.*

DK 656.1.05 : 621.398

Die Verkehrssignalanlage in Amsterdam. [Nach P. Rother, Z. Fernmeldetechn. 19 (1938) S. 102; 7 S., 9 Abb.]

Das wesentlichste Merkmal der Amsterdamer Verkehrssignalanlage besteht darin, daß sämtliche Schaltstellen (Verkehrsampeln usw.) über ein strahlenförmig aufgebautes, in eine Hauptamts- und mehrere Unteramtsgruppen unterteiltes Leitungsnetz von einer einzigen Zentralstelle aus (Verkehrspolizei) gesteuert werden. Zur Herstellung der zahlreichen Verbindungen zwischen den Schaltstellen und den Unterämtern sowie zwischen diesen und dem Hauptamt werden freie Adern des städtischen Ortsfernsprechnetzes verwendet. Bis zu 90 Schaltstellen können an ein Unteramt angeschlossen werden. Die Einrichtungen zur Steuerung der Signalfolge sind für alle Schaltstellen eines Unteramtsbereichs beim Unteramt gemeinsam aufgestellt. Die einzelne Schaltstelle wird durch Wahl einer dreistelligen Ziffer von der Zentrale aus erreicht und durch Entsenden bestimmter Schaltkriterien über drei Adern auf die gewünschte Verkehrsregelung eingestellt. Folgende Arten der Verkehrsregelung sind dabei grundsätzlich möglich: 1. Die Schaltstelle arbeitet in einem gleichmäßigen, von dem tatsächlichen Verkehrsanfall unabhängigen Rhythmus; die Gesamtdauer der Signalfolge sowie das zeitliche Verhältnis zwischen „Grün" und „Rot" kann für jede Schaltstelle von der Zentrale aus innerhalb bestimmter Grenzen geregelt werden. 2. Die Schaltstelle wird nur in Abhängigkeit vom Verkehr mit Hilfe von Bodenschwellen- und Fahrdrahtkontakten gesteuert. 3. Die beiden Verfahren zu 1 und 2 werden miteinander vereinigt. Neben der Möglichkeit, diese drei Verfahren nach Bedarf von der Zentrale aus einstellen zu können, besteht noch eine selbsttätige Umschaltung der Signalgabe in Abhängigkeit von dem tatsächlichen Verkehrsbedürfnis, das durch Bodenschwellen- und Fahrdrahtkontakte an den beiden Enden der Hauptverkehrsstraße ermittelt wird.

Die Arbeitsweise der Signallampen kann in der Zentrale mit Hilfe von Lampenanordnungen, die über besondere Adern von den Schaltstellen aus rückwärts gesteuert werden, überwacht werden. Als besonderer Vorteil der Anlage wird angegeben, daß die technischen Einrichtungen sich ausschließlich aus den in der Wähltechnik allgemein üblichen Teilen wie Relais, Dreh- und Hebdrehwählern, Wählerrelais usw. zusammensetzen. Da alle diese Teile in gestellmäßiger Zusammenfassung in den Fernsprechämtern untergebracht sind, sei auch ein störungsfreier Betrieb gewährleistet. Zur Zeit umfaßt die gesamte Anlage außer der Zentrale noch ein Hauptamt und zwei Unterämter mit 30 Straßenkreuzungen. Der Ausbau um weitere 25 Schaltstellen ist in Aussicht genommen.

Die Schaltungen der bei den Schaltstellen und bei den Unterämtern vorhandenen technischen Einrichtungen werden im einzelnen beschrieben. Besonders bemerkenswert ist dabei eine häufig verwendete Schaltanordnung, die zur Erzielung großer Unterschiede in den Ansprechzeiten von Relais dient: Ein Kondensator wird über wechselnd große hochohmige Widerstände langsam geladen, bis er die Zündspannung einer ihm parallel geschalteten Glimmlampe erreicht hat, in deren Stromkreis das Relais liegt, dessen Ansprechzeit geregelt werden soll. *Rtg.*

Landwirtschaft.

DK 621.316.014.3.004.5 : 644

Schutz elektrischer Hausinstallations-Leitungen gegen übermäßige Erwärmung. [Nach M. M. Robert u. S. Thomas, Bull. Soc. franç. Electr. 8 (1938) S. 449; 30 S., 20 Abb.]

Nach der Feststellung der Notwendigkeit eines einwandfreien Schutzes elektrischer Leitungen in Hausinstallationen durch Überbelastungen und damit Übererwärmungen einerseits und der Forderung genügender Ausnutzung der verlegten Leitungsquerschnitte anderseits untersuchen die Verfasser des obigen Aufsatzes in sehr eingehender Weise die Wärmebelastungskapazität eines Leiters überhaupt. Zur Ermittlung der Wärmebelastbarkeit einer Leitung werden ausführlich zwei Wege beschrieben, und zwar erstens das experimentelle und zweitens das rechnerische Verfahren, dessen Durchführung in vorliegendem Falle grundsätzlich das gleiche Ergebnis gebracht hat.

Die Übertragung der Kennlinien der heute gebräuchlichen Sicherungsorgane in das Diagramm der Wärmebelastbarkeit der Leitung ergibt das bereits bekannte Ergebnis, daß im Dauerbelastungsbetrieb Schmelzsicherungen durch das Verhältnis zwischen Nenn- und Grenzstrom den Leiter zwar schützen, aber eine wirtschaftliche Ausnutzung nicht zulassen und daß im Überlastungsgebiet ebenfalls eine Ausnutzungsmöglichkeit nicht besteht. Die Verfasser weisen aber schon darauf hin, daß verzögerte Sicherungen günstigere Ergebnisse zeitigen. Es werden jedoch nur die kurzverzögerten Sicherungen erwähnt, während die Ausführung der in Deutschland schon seit langem üblichen langträgen Sicherung, deren Kennlinie in ihrem ganzen Verlauf der Wärmebelastbarkeit des Leistungsquerschnittes in vollkommener Weise entspricht, nicht mit aufgeführt ist. Die Möglichkeit, das Verhältnis zwischen Grenz- und Nennstrom bei Automaten günstiger zu gestalten, läßt die beiden Verfasser zu dem Schluß kommen, daß bei ausreichendem Schutz eine Ausnutzung des Querschnittes durch Automaten besser zu erreichen ist als durch Sicherungen. Die Aufstellung der Kennlinie eines solchen Automaten beweist den beiden Verfassern die Richtigkeit ihrer Überlegung. Das Ergebnis dieser Untersuchungen und ihre praktische Anwendung ist in Deutschland seit der Einführung der Leitungsschutz-Automaten bekannt. *A. Hi.*

DK 621.313.333.025.1 : 631.37

Zur Frage der Verwendung von Einphasenmotoren in der Landwirtschaft. [Nach A. Gorsler, Elektrizitätswirtsch. 37 (1938) S. 659; 2½ S., 0 Abb.]

Die eingehende Prüfung der Verwendung von Einphasenmotoren in der Landwirtschaft hat zu der Entwicklung einer Sonderbauart, des „Landwirtschafts-Kondensatormotors" geführt. Hierbei wurde zugunsten einer geringen Stromaufnahme auf ein großes Anzugsmoment verzichtet. Der Einschaltstrom eines Landwirtschafts-Kondensatormotors von 1,5 kW beträgt gegenüber einem Hilfsphasenmotor gleicher Stärke 36 A zu 80 A. Das Anzugsmoment erreicht 20% des Nennwertes und dürfte in den meisten Fällen ausreichen. Die Grenze für die wirtschaftliche Verwendung von Einphasenmotoren wird bei Leistungen von 1,5 kW gesehen. Gegenüber den bekannten Einphasenmotoren stellt sich der Landwirtschafts-Kondensatormotor trotz seiner geringen Stromaufnahme nicht wesentlich teurer. *R. Wr.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.385.833

Brennweite und Bildqualität der Kreisloch-Elektronenlinse mit Mittelnetz. [Nach M. Knoll u. H. Weichardt, Z. Phys. 110 (1938) S. 233; 4 S., 4 Abb.]

Bekanntlich ist bei dieser Linsenform (Abb. 5) für eine bestimmte Brennweite eine wesentlich kleinere Linsenspannung erforderlich als bei der Einzellinse mit drei Lochscheiben, da das Mittelnetz das Elektronenbündel schneidet (die dritte Lochscheibe an Stelle des Mittelnetzes ergibt eine die Brennweite vergrößernde Zerstreuungslinse!). Aus demselben Grunde ist diese Linsenform im Gegensatz zu allen elektrischen Elektronenlinsen, bei denen der Strahl die Linsenelektroden nicht berührt, auch als Zerstreuungslinse brauchbar. Für die Brennweite gilt an Stelle der bekannten angenäherten Formel $\frac{1}{f} = \frac{U_2 - U_1}{U_1\, 2\, d}$ von Davisson und Calbick bzw. Cartan genauer:

Abb. 5. Elektrische Elektronenlinse mit Mittelnetz.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{U_2 - U_1}{U_1\, d\, r}}\left(\int\limits_{-\infty}^{0}\frac{\mathrm{d}y}{(1+y^2)^2\sqrt{\frac{U_1\, d}{(U_2 - U_1)\, r} - \frac{1}{\pi}\left(y \operatorname{arc\,tg}\frac{1}{y} - 1\right)}} + \int\limits_{0}^{d/r}\frac{\mathrm{d}y}{(1+y^2)^2\sqrt{\frac{U_1\, d}{(U_2 - U_1)\, r} - \frac{1}{\pi}\left(y \operatorname{arc\,tg}\frac{1}{y} - 1\right) + y}}\right) \text{ für } y = \frac{z}{r}.$$

Die Auswertung dieser experimentell geprüften Beziehung für verschiedene Abmessungen der Elektronenlinse gibt Abb. 6. Da das Mittelnetz bei der Verwendung als Sammellinse im Bereich hoher Elektronengeschwindigkeit liegt, ist die Bildqualität sowohl bei Abbildung eines Punktes wie bei vergrößerter Abbildung für viele Zwecke ausreichend. *Kll.*

Abb. 6. Relative Brennweite f/r der Kreislochlinse mit Mittelnetz in Abhängigkeit von $\frac{U_2 - U_1}{U_1}$ und von den Abmessungen (vgl. Abb. 5).

DK 621.397.5

Zur Frage der Zeilenzahl bei Fernsehübertragungen. [Nach F. Kirschstein, Elektr. Nachr.-Techn. 15 (1938) S. 218; 16½ S., 21 Abb.]

Von entscheidender Bedeutung für die Fernsehtechnik ist die Frage, welche Mindestzeilenzahl für eine befriedigende Übertragung erforderlich ist. Versuche, durch geeignete Nachbildung der Fernsehübertragung — z. B. mit Hilfe von Bildtelegraphie oder von Druckverfahren — die Abhängigkeit der Bildgüte von der Zeilenzahl zu ermitteln, führten bei den verschiedenen Forschern zu stark abweichenden Werten. Diese liegen zwischen 240 bis 300 Zeilen bei ausreichender Erkennbarkeit und 1000 Zeilen bei einer Bildgüte, die etwa derjenigen beim Kinotheater entspricht. Sie hängen im übrigen stark vom Bildinhalt ab.

Der Verfasser fand durch Versuche mit Bildtelegraphie, daß beim Heimempfang eine Zeilenzahl von etwa 600 erforderlich ist. Dieses Ergebnis wird durch Vergleich mit dem bei Zeitungen verwandten Halbtondruck gestützt, bei dem die Wiedergabe eines Bildes von 18×24 cm² Größe in einer Tageszeitung einer Zeilenzahl von etwa 550 entspricht.

Wegen der durch die endliche Ausdehnung der abtastenden Blende erfolgenden Verwischung scharfer Grenzen ist auch übertragungstechnisch die Herabsetzung der Grenzfrequenz des elektrischen Übertragungskanals auf das 0,8fache der aus Zeilenzahl, Bildwechsel und Bildformat folgenden höchsten Frequenz ohne merkliche Beeinträchtigung der Bildgüte möglich. Demzufolge beträgt die höchste Frequenz bei 300 Zeilen 1 MHz, bei 441 Zeilen 2,2 MHz und bei 600 Zeilen 4 MHz.

Die drahtlose Übertragung derartig breiter Bänder bereitet sowohl auf der Sende- wie auch auf der Empfangsseite eine Reihe von Schwierigkeiten. So nimmt bei einem Sender die erzeugte Hochfrequenzleistung umgekehrt proportional mit der höchsten Modulationsfrequenz ab. Ihre Erhöhung kann nur durch Entwicklung von Röhren mit möglichst großem Verhältnis von Sättigungsstrom zu Anoden-Kathoden-Kapazität erreicht werden.

Auch die begrenzte Durchlässigkeit der Sendeantenne, die im wesentlichen von der Dämpfung durch den Strahlungswiderstand bestimmt wird, wirkt sich ungünstig auf eine zu starke Erhöhung der Zeilenzahl aus. Durch den frequenzabhängigen Eingangswiderstand der Antenne ergibt sich weiterhin ein unvollkommener Abschlußwiderstand für das Speisekabel. Mittels besonderer Kunstschaltungen kann jedoch diese Stoßstelle für den gesamten Frequenzbereich der Seitenbänder vermieden werden.

Ähnliche Verhältnisse führen auch auf der Empfangsseite zu einer Abnahme der Nutzspannung mit wachsender Modulationsfrequenz bei gegebener Feldstärke. Aus den im Empfänger durch Schroteffekt und Wärmebewegung der Moleküle hervorgerufenen inneren Störspannungen ergibt sich die für einen brauchbaren Empfang erforderliche Mindestfeldstärke, die nach praktischen Versuchen für 0,5 MHz bei etwa 1 mV/m liegt. Sie nimmt proportional mit der höchsten Modulationsfrequenz zu, oder der Versorgungsradius nimmt entsprechend mit $1/f_m$ ab.

Die Verstärkung der Bildströme zeigt eine Abnahme für die höchsten und tiefsten Seitenbandfrequenzen bezogen auf die Trägerfrequenz. Bei vorgegebenem Wert dieser Abnahme zeigt sich, daß die Verstärkung je Stufe umgekehrt proportional mit der höchsten Übertragungsfrequenz abnimmt und von der insgesamt erforderlichen Verstärkung abhängt. Die zur Erzielung einer bestimmten Gesamtverstärkung erforderliche Stufenzahl wächst mit der höchsten Übertragungsfrequenz sehr rasch an.

Bei der Übertragung auf Kabeln ergibt sich auf Grund der Abhängigkeit der Laufzeit von der Frequenz, daß bei Annahme eines zulässigen Laufzeitunterschiedes von höchstens der Größe der Einschwingzeit infolge der Amplitudenverzerrung eine rasche Abnahme der Leitungslänge mit wachsender Zeilenzahl — bei $z = 441$ Zeilen 80 km — vorliegt. *Kj.*

DK 621.396.62 : 621.396.823

Über die netzseitige Störempfindlichkeit von Allstromempfängern für niederfrequente Störspannungen. [Nach A. Dennhardt, Hochfrequenztechn. 51 (1938) S. 63; 5 S., 7 Abb.]

Gleichspannungsnetze zeigen im allgemeinen eine gewisse Welligkeit. Besonders dort, wo Quecksilberdampfgleich-

richter zur Umformung von Wechselstrom in Gleichstrom benutzt werden, ergibt sich zwangsläufig ein größerer Oberwellengehalt, der je nach der Störempfindlichkeit der Empfänger zu niederfrequenten Rundfunkstörungen führen kann. Die Störempfindlichkeit der früheren Gleichstromempfänger erforderte häufiger zusätzliche Entstörungsmaßnahmen am Gleichrichter oder am Empfänger. Der Gleichstromempfänger ist seit einigen Jahren durch den Allstromempfänger abgelöst worden, bei dem eine geringere Störempfindlichkeit erwartet wird. Die niederfrequente Störempfindlichkeit einiger Allstromempfänger wird untersucht.

Die Messung erfolgt nach dem bekannten Verfahren, daß der speisenden Batteriegleichspannung eine Tonfrequenzspannung überlagert wird. In 1 m Abstand vom Lautsprecher des Rundfunkempfängers wird die dadurch hervorgerufene subjektive Störlautstärke gemessen. Als noch zulässig gilt diejenige Größe der einzelnen Tonfrequenz, bei der eine Störlautstärke von 30 Phon erzeugt wird. Das Verhältnis der zulässigen NF-Spannung zur mittleren Gleichspannung wird als Störfestigkeit S bezeichnet, der Kehrwert als Störempfindlichkeit. Die Meßergebnisse der untersuchten Geräte (2 Einkreisempfänger, 1 Zweikreisempfänger, 2 Vierröhren-Überlagerungsempfänger) werden in Kurvenform dargestellt, sie liegen günstiger als bei den Gleichstromgeräten. Dabei zeigt der Einkreisempfänger eine höhere Störfestigkeit als der eine Überlagerungsempfänger. Dies dürfte z. T. durch die Frequenzkurve der Lautsprecher zu erklären sein. Inwieweit innerhalb der einzelnen Empfängerart merkliche Streuungen bestehen, wie es bei den Gleichstromgeräten der Fall war, wurde nicht untersucht. Das Verhältnis von vorhandener NF-Spannung zur zulässigen NF-Spannung wird als Maß für die Größe der Beeinflußbarkeit B bei der betreffenden Frequenz benutzt. $B > 1$ bedeutet also die Möglichkeit von Störungen; zu berücksichtigen ist, daß die Störlautstärke nicht linear, sondern logarithmisch von B abhängt.

Bei Frequenzgemischen ergibt sich die vorhandene NF-Spannung als die Wurzel aus der Summe des Quadrates der Einzelspannungen. Zur Ermittlung von B muß in diesem Fall eine Frequenz als Bezugsfrequenz benutzt werden, die Teilspannungen sind bei der Summenbildung entsprechend der Frequenzkurve des Empfängers im Vergleich zu dieser Bezugsfrequenz zu bewerten. Bei vorliegenden Untersuchungen ist als Bezugsfrequenz 1000 Hz gewählt.

Unter der Annahme des Grenzfalls, daß die vom Gleichrichter erzeugte Oberwellenspannung in voller Höhe auf den Empfänger einwirkt, wird die Beeinflußbarkeit B der untersuchten Empfänger im Anschluß an einen sechsphasigen Gleichrichter errechnet, und zwar für die in Betracht kommende Aussteuerung des Gleichrichters von 100, 90 und 80%. Für 100% Aussteuerung ergibt sich für den Einkreisempfänger $B < 1$, beim Vierröhren-Überlagerungsempfänger zwischen 1,7 und 2,8; der Überlagerungsempfänger zeigt also größere Beeinflußbarkeit. Für 80 und 90% Aussteuerung liegen die entsprechenden Werte für B zwischen 1,1 bis 1,6 und 2,8 bis 4,2. Die Zahlen der übrigen Empfänger liegen zwischen diesen Grenzen. Es wird gefolgert, daß im praktischen Regelfall auch bei dem Vierröhren-Überlagerungsempfänger keine Brummstörungen zu erwarten seien und deshalb in Zukunft der Einsatz von Glättungsmitteln am Gleichrichter im Hinblick auf die Kostenfrage besonders sorgfältig erwogen werden müßte, da nur eine immer mehr zurücktretende Minderheit älterer Gleichstromempfänger noch beeinflußt wird. [Der Berichter: Diese Schlußfolgerung erscheint nach den Meßergebnissen nicht ohne weiteres gerechtfertigt, da die errechneten Werte für B im allgemeinen größer als 1 sind. Mit gleichem Recht könnte man aus den Zahlen den Schluß ziehen, daß im Regelfall eine Glättungseinrichtung, sei es eine parallelliegende Ausgleichsbatterie oder eine besondere Drossel, zur Vermeidung von Störungen auch bei einer Reihe von Allstromempfängern notwendig sein dürfte.] *Mbs.*

DK 621.398.023

Fernsteuerung mit selektiver Ionisation. [Nach St. W. Seeley, H. L. Deal u. Ch. N. Kimball, Proc. Instn. Radio Engrs., N. Y. 26 (1938) S. 813; 18 S., 8 Abb.]

In dem Aufsatz wird eine Fernsteuerung behandelt, die zur Zeichengabe hochfrequente Träger zwischen 200 und 400 kHz verwendet und als Ausbreitungsweg für die hochfrequenten Träger das Starkstromnetz benutzt. Für den Scheinwiderstand des Netzes ergaben sich in Anlagen, wie sie für den Einbau einer solchen Steuerung in Betracht kommen, im Durchschnitt folgende Werte:

200 kHz $25 + j\,40\ \Omega$
300 kHz $40 + j\,60\ \Omega$.

Die Dämpfung betrug rd. 20 dezibel. Eine Leistung von 1 W am hochfrequenten Schwingungserzeuger würde danach auch unter ungünstigen Bedingungen genügen, um an der Empfangsstelle eine effektive Hochfrequenzspannung von 0,8 V zu erzielen, die in einem Resonanzkreis auf 30 bis 40 V erhöht werden kann und dann in der Lage ist, eine leistungslose Steuerung vorzunehmen. Diese Steuerspannung wirkt, um einen dauernd in Betrieb befindlichen Verstärker zu vermeiden, auf eine gasgefüllte Röhre, die zwei als Kathoden arbeitende Elektroden und eine als Anode wirkende Elektrode enthält. Ohne Ionisation der Strecke zwischen den beiden Kathoden tritt bei der zwischen Anode und den Kathoden liegenden Netzspannung von rd. 200 V kein Anodenstrom auf. Die Ionisation zwischen den beiden Kathoden wird eingeleitet, indem die hochfrequente Steuerspannung zu einer dem Starkstromnetz entnommenen Vorspannung hinzukommt: der dann einsetzende Anodenstrom betätigt ein Relais, das weitere Schaltvorgänge auslöst. Ein Anodenstrom kann nur fließen, wenn die Anode in gewisser Höhe positiv gegen die Kathoden gespannt ist, also nur während eines Teils der einen Schwingungshälfte der Netzspannung. Bei den Schwingungserzeugern am Geber wird als Anodenspannung ebenfalls die Netzspannung benutzt, Schwingungen können daher nur während einer Halbschwingung der Netzfrequenz entstehen, in der die Anode der Schwingröhre positiv gegenüber ihrer Kathode gespannt ist. Ein Anodenstrom in der Gasröhre wird also nur fließen, wenn die Phase der als Modulationsspannung benutzten Hochfrequenz am Schwingungserzeuger und die Phase der Anodenspannung an der Gasröhre weitgehend übereinstimmen (selektive Ionisation). Neben der Frequenz kann deshalb auch die Phase zu verschiedener Zeichengabe benutzt werden.

Mit 2 Trägerfrequenzen und 4 Gasröhren, von denen jede im Anodenkreis ein Relais enthält, lassen sich auf diese Weise 10 Schaltmöglichkeiten schaffen; mit 3 Trägerfrequenzen und 6 Gasröhren 26 Schaltmöglichkeiten. Die Relais sind gewöhnlich nur während der Aussendung des hochfrequenten Trägers geschlossen. Für Ein- und Ausschalten läßt sich eine Schaltung mit 2 Gasröhren und 3 Relais herstellen, die nur zur Umschaltung Zeichengabe erfordert.

Auch Schaltungen mit anderen Empfängerröhren lassen sich in ähnlicher Weise zur Auslösung von Steuervorgängen verwenden, zur Einschaltung ihrer Heizung muß jedoch erst der Schaltvorgang über eine Gasröhre eingeleitet werden.

Die Verwendung einer solchen Anordnung zur Fernsteuerung eines Rundfunkempfängers wird näher beschrieben. Der Empfänger muß selbsttätige Scharfabstimmung haben. Die Vorgänge sind dann die gleichen wie bei den Geräten mit der bekannten Druckknopfsteuerung mit Fernsteuerung über ein Kabel, nur daß eben die Einstellung durch hochfrequente Träger über das Starkstromnetz erfolgt. Die Stromläufe der Fernsteuerungsanordnung sind dargestellt, durch 6 Druckknöpfe können 6 verschiedene Stationen abgestimmt werden, 3 weitere Druckknöpfe dienen zur Ein- und Ausschaltung und zur Lautstärkeregelung.

Die gegenseitige Beeinflussung mehrerer solcher Fernsteuerungsanlagen ist wegen der Zwischenschaltung der Starkstromzähler im allgemeinen nicht zu erwarten: sonst ist sie durch Zwischenschaltung von Hochfrequenzdrosseln oder durch Benutzung verschiedener Frequenzen zu vermeiden. Die Ausstrahlung auf der Leitung ist vernachlässigbar klein, die größte Möglichkeit dazu besteht am Schwingungserzeuger. Hier sind die Verhältnisse die gleichen wie beim Oszillatorkreis eines Überlagerungsempfängers. *Mbs.*

DK 621.385.5

Die Mischhexode als Phasenumkehrröhre. [Nach O. Schäfer, Z. Hochfrequenztechn. 51 (1938) S. 109; 4 S., 3 Abb.]

Bei vielen hochfrequenztechnischen Messungen benötigt man häufig zwei Spannungen, die gleich groß sind aber entgegengesetzte Phase besitzen. Dies ist besonders bei den Meßverfahren mit dem Kathodenstrahloszillographen der Fall. Der Verfasser beschreibt in dem Aufsatz ein Verfahren, um bequem solche Spannungen zu erzeugen. Er benutzt hierzu Hexoden, bei denen die Gitter nicht als Stufengitter ausgeführt sind. Die Röhrendaten einer solchen Röhre werden angegeben und Wege für deren Messung gezeigt. *Hsr.*

DK 621.396.662.3

Rückkopplungsbandfilter. [Nach J. Steinmetz, Z. Hochfrequenztechn. 51 (1938) S. 112; 4 S., 5 Abb.]

In dem Aufsatz werden die Eigenschaften der Rückkopplungsbandfilter behandelt. Die Übertragungskurve eines

solchen Filters gleicht der eines gewöhnlichen Koppelbandfilters und ist bei rein ohmscher Rückkopplung symmetrisch. Die vielen Einzelheiten, welche graphisch dargestellt sind, müssen in dem Aufsatz nachgelesen werden. Wichtig ist, daß in der Arbeit gezeigt wird, wie man fast ideale veränderbare Filter durch Rückkopplung erhalten kann. *Hsr.*

Physik.

DK 537.723.5-971

Berechnung der Kapazität bei der Meßanordnung von Drude-Coolidge. [Nach H. Slätis, Ann. Phys., Lpz. 32 (1938) S. 734; 9 S., 2 Abb.; ferner Meddelanden från Åbo Akademis Fysikaliska Institut Nr. 21; 52 S., 12 Abb.]

Zur Messung der Dielektrizitätskonstanten im Gebiet kurzer elektrischer Wellen dient vielfach das Verfahren von Drude und Coolidge. Ein Kondensator wird in ein Lechersystem zwischen zwei Brücken eingeschaltet und die Resonanz mit dem Oszillator durch Verschieben einer Brücke hergestellt. Hat der Kondensator von den Brücken die Abstände x_1, x_2 und sind r und d Radius und Abstand der Lecherdrähte, λ die Wellenlänge, so gilt für die Kapazität K des Kondensators nach Morton

$$\frac{4\pi K}{\lambda} \ln \frac{d}{r} = \operatorname{ctg} \frac{\pi x_1}{\lambda} + \operatorname{ctg} \frac{\pi x_2}{\lambda} .$$

Nach Romanow ist die Kotangentensumme von der Lage des Kondensators abhängig; sie wird erst dann konstant, wenn man x_1 und x_2 um eine kleine positive Größe ϑ vermindert. Die Korrektionsgröße ϑ wird nach H. Slätis durch die Zuleitungsdrähte des Kondensators bedingt. In den Drähten entstehen Wirbelströme, die die Selbstinduktion je cm der Lecherdrähte in der Nähe der Zuleitungen vermindern. Diese ist daher nicht mehr gleich dem reziproken Wert der Kapazität je cm; also ist auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektrischen Wellen nicht mehr gleich der Lichtgeschwindigkeit. Die Berechnung führt auf den Ausdruck

$$\frac{4\pi}{\lambda}\left(K + \frac{\vartheta}{2\log(d/r)}\right)\log\frac{d}{r} = \operatorname{ctg}\frac{\pi(x_1 - \vartheta)}{\lambda} + \operatorname{ctg}\frac{\pi(x_1 - \vartheta)}{\lambda} \quad ; \quad \vartheta = \frac{L_{12}^2}{L_{22} \cdot 4\log(d/r)} .$$

Hierin ist L_{22} der Selbstinduktionskoeffizient der Wirbelstrombahn in dem einen Zuleitungsdraht und L_{12} der gegenseitige Induktionskoeffizient dieser Bahn und des zugehörigen Lecherdrahts. Praktisch wird man ϑ meistens durch zwei Messungen bei gleicher Wellenlänge und verschiedener Lage des Kondensators ermitteln.

Ein zweiter Einfluß der Zuleitungsdrähte besteht darin, daß die Kondensatorplatten nicht den gleichen Potentialunterschied wie die gegenüberliegenden Stellen der Paralleldrähte haben. Die Arbeitskapazität C des Kondensators ohne Zuleitungsdrähte ist daher um eine gewisse Ballastkapazität B kleiner als die Kapazität K. Für senkrechte Zuleitungsdrähte von der Länge ζ und dem Radius r', die in einem Dielektrikum vom Brechungsverhältnis n liegen, ergibt sich

$$B = \frac{n^2 \zeta}{4\log(d/r')} \cdot \frac{1 + K^2\left(\frac{4\pi}{n\lambda}\log(d/r')\right)^2}{1 + K\frac{\pi n \zeta}{\lambda}\left(\frac{4\pi}{n\lambda}\log(d/r')\right)} .$$

Br.

Chemie.

DK 621.357.7

Über das Eindringen von elektrolytischen Kadmiumniederschlägen in die Eisenunterlage. [Nach G. S. Woselwishenski u. L. A. Branina, Chem. Journ. (B), Journ. angew. Chemie (russisch) 10 (1937) S. 1173; 4 S.]

An einer mit Kadmium überzogenen Eisenelektrode werden Potentialänderungen gemessen. Die Eisenelektrode befand sich in NH_4NO_3 oder SO_4H_2. Die Messungen führten zum Ergebnis, daß zwischen Eisen und Kadmium sich eine besondere Zwischenschicht ausgebildet hatte. Die Schicht selbst entsteht durch Diffusion von Kadmium in das Eisen, und sie ist um so dicker, je stärker der Kadmiumüberzug ist und je länger das Kadmium das Eisen bedeckt. Weiterhin ergab sich, daß sich das Potential der Elektrode nicht sprunghaft änderte, sobald sich das Kadmium auflöste, sondern daß das Potential stetig in das Eisenpotential übergeht. Das Ansteigen der Potentialkurve des Eisens ist gegenüber einer Platinelektrode um so flacher, je dicker die gebildete Zwischenschicht ist. Technisch bedeutsam ist die Bemerkung in der Arbeit, daß das Eisen nach der Ablösung des eigentlichen Kadmiumüberzuges korrosionsbeständiger als das ursprüngliche Eisen ist. *Hsr.*

Allgemeiner Maschinenbau.

DK 621.82 : 621.315.616.96

Lagerschalen aus Gießharz. [Nach E. Heidebroek, Kunststoffe 28 (1938) S. 200; 2 S., 5 Abb.]

Bei einer einwandfreien flüssigen Reibung schwimmt der Zapfen bekanntlich auf dem tragenden Schmiermittelfilm. Die Dicke des tragenden Films oder die kleinste Spaltweite kann sogar für eine bestimmte Last, Geschwindigkeit und Schmiermittelzähigkeit einigermaßen genau vorausberechnet werden. In diesem Reibungsbereich tritt eine geringe Oberflächenrauhigkeit, wie Poren und Drehriefen der Lager, in den Hintergrund. In der Praxis ist, neben dem Verhalten eines Lagerwerkstoffs in diesem flüssigen Bereich, seine Leistung zwischen flüssiger und halbflüssiger Reibung, also der sogenannten „Grenzreibung", meist wichtiger, denn sie entscheidet oft über seine Eignung in einem bestimmten Verwendungsgebiet. Die Grenzreibung tritt bei hohen Lasten und niedrigen Geschwindigkeiten auf, wie sie auch beim Anfahren und Abstoppen vorkommen. Die Ölfilmdicke besitzt dabei nur einen ganz geringen Mindestwert. Die übliche Oberflächen-Rauhigkeit tritt nun in den Vordergrund, weil jetzt die relativen Unterschiede in den Filmdicken über punktartigen Erhöhungen, Poren und Riefen sehr groß werden. Die sich ergebende ungleiche Druckverteilung, Reibung und Reibungswärme-Erzeugung verursachen eine vielverzweigte Unterteilung des ursprünglich glatten Schmiermittelstroms. Die hydrodynamische Theorie trifft nicht mehr zu, obwohl noch an keiner Stelle eine trockene Reibung vorliegt und über den am meisten hervorstehenden Lagererhöhungen noch immer ganz geringe Filmdicken bis herab auf 10^{-5} mm festzustellen sind. Die μ-v-Kurven geben den besten Aufschluß über die Reibungsverhältnisse, denn sie zeigen bei allen Werkstoffen nach Eintreten in das Stadium der Grenzreibung einen steilen Anstieg der Reibung μ bei kleiner werdender Reibungsgeschwindigkeit v. Bekanntlich spielt nun im Stadium der Grenzreibung noch eine besondere Rolle, wieweit ein Lagerwerkstoff bzw. die Bearbeitungs-Rauhigkeiten unter den Druckspitzen sich anschmiegen und plastisch oder elastisch nachgeben können. Die guten Laufeigenschaften des Weißmetalls oder der Kunstharzpreßstoffe sind weitgehend auf ein derartiges Anschmiegen zurückzuführen.

I, II Preßstoff mit Zellstoffschnitzel
III Textilschnitzel
IV, V Sonder-Resol-Gießharz

Abb. 7. Reibungszahl μ aufgetragen über der Zapfengeschwindigkeit v für verschiedene spezifische Lagerpressung.

Bei den Kunstharzlagern, die aus Festigkeitsgründen mit Textil- oder Zellstoff-Füllstoffen versehen werden, ist bei der Bearbeitung ein Anbrechen vieler Fasern unvermeidlich. Die Verrauhung der Lauffläche kann bei mancher Faserart schlechtere Laufverhältnisse im Grenzreibungsgebiet verursachen, so daß die Vorteile der oben erwähnten Schmiegsamkeit wieder weitgehend aufgehoben werden. Tatsächlich werden mit den besten, regellos verpreßten Textilschnitzel-Preßstoffen heute spez. Belastungswerte von über 100 kg/cm² erreicht, und es ist gerade deshalb im Hinblick auf den Fortschritt eine allgemeine Untersuchung von Preßstoffen ohne störende Füllstoffe am Platze.

Naheliegend ist hierbei auch das Studium von Lagern aus füllstofffreien Kunstharzen. Die neueren Versuche wurden mit einem Sonder-Resol-Gießharz vorgenommen. Das fertige Harz ist mit Hartmetallwerkzeugen gut bearbeitbar, und es können gute spiegelglatte Lagerlaufflächen erzielt werden. Der Werkstoff weist außerdem keinerlei Schrumpf- und Quellerscheinungen auf. Die Festigkeitswerte und besonders die Zähigkeit

haben anscheinend für Laufversuche mit Lagern von 60 mm Dmr., 40 mm Breite und 0,25 mm Lagerspiel genügt. Die Untersuchungen wurden als Vergleichsprüfung zusammen mit üblichen Preßstoffen mit Textil- oder Zellstoffschnitzel-Füllstoffen unter vollkommen gleichen Bedingungen, u. a. einer geringen 10 l/h-Ölschmierung, durchgeführt. Die μ-v-Kurven (Abb. 7) *I* und *II* gelten für Preßstoff mit Zellstoffschnitzeln, *III* für Textilschnitzel und *IV* und *V* für Sonder-Resol-Gießharz. Auffallend ist, daß noch bei 90 kg/cm² Last herab bis zu $v = 0,3$ m/s nahezu gleichmäßige Reibungsverhältnisse bei dem Gießharz vorliegen und dann erst der für die Grenzreibung typische steile Kurvenanstieg erfolgt, während bei den übrigen Werkstoffen bei 0,5 m/s noch kein Übergang zu konstanten Verhältnissen zu bemerken ist. Diese Feststellung scheint die theoretischen Ausgangsbetrachtungen hinsichtlich der Grenzreibung zu belegen. Für die Praxis dürfte allerdings ebenso wichtig sein, daß die μ-Werte bei den Gießharzlagern innerhalb niedriger Geschwindigkeitsbereiche bis zu 50% niedriger als bei den anderen Preßstoffen liegen können. Dies bedeutet naturgemäß eine niedrigere Erwärmung oder sparsamere Umlaufschmierung. Der Werkstoff wird seine Vorteile noch in der Praxis beweisen müssen, und seine Bedeutung wird wohl weitgehend von der erreichbaren mechanischen Festigkeit oder der Möglichkeit einer Kombination mit Metallstützschalen abhängen. *Ab.*

Werkstatt und Baustoffe.

DK 538.246.2.

Dauermagnetlegierungen aus Kobalt, Kupfer und Nickel. [Nach W. Dannöhl u. H. Neumann, Z. Metallkde. 30 (1938) S. 217; 15 S., 45 Abb.]

Bekanntlich zeigen die Hochleistungs-Dauermagnetstähle auf Fe-Ni-Al- und auch Fe-Co-Ti-Grundlage ein etwas unbefriedigendes technologisches Verhalten, da sie spanlos und spanabhebend kaum bearbeitet werden können und zu Rißbildung neigen, so daß man für manche Anwendungsgebiete schon seit längerem bemüht ist, Legierungen mit besseren mechanischen Eigenschaften zu schaffen. Einen ersten Fortschritt in dieser Richtung brachten die ternären Fe-Ni-Cu-Legierungen, die jedoch nur Remanenzwerte von etwa 3000 Gauß bei Koerzitivkräften $\mathfrak{H}_c$ rd. 400 Oe zu erreichen gestatten. Die metallphysikalische Verwandtschaft der Metalle Eisen und Kobalt — in beiden ist das Kupfer im festen Zustande nur begrenzt löslich — veranlaßte eine Untersuchung des Dreistoffsystems Kobalt-Nickel-Kupfer hinsichtlich der thermischen, elektrischen, magnetischen und mechanischen Eigenschaften, über die im vorliegenden Aufsatz berichtet wird. Wegen der zahllosen Einzelergebnisse über das Zustandsdiagramm, den Verlauf der Curiepunkte, Sättigungsintensitäten u. a. und die Änderung dieser Werte bei Wärmebehandlung muß auf das Original verwiesen werden. Es mag der Hinweis genügen, daß ähnlich wie bei Fe-Cu-Ni auch hier die Mischungslücke des Randsystems Co-Cu sich mit zunehmendem Nickelzusatz immer mehr verengt und schließlich zum Verschwinden gebracht wird und daß infolge der Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit des Cu durch Abschrecken von hohen (1000° C) und nachträgliches Anlassen bei etwas tieferen Temperaturen die Möglichkeit einer Ausscheidungshärtung, d. h. einer hochdispersen Ausscheidung von Kupferpartikeln in der ferromagnetischen Kobalt-Nickel-Grundmasse und damit einer Verbreiterung der Hystereseschleife (Koerzitivkräfte zwischen 100 und 1000 Oe) gegeben ist. Den Elektrotechniker wird das praktische Hauptergebnis interessieren, daß die so erzielbaren Aushärtungseffekte, und zwar die Vergrößerung der Koerzitivkraft bei gleichzeitig noch guter Remanenz in gewissen Legierungsbereichen so stark sind, daß technisch brauchbare Dauermagnete erhalten werden, die mit $(\mathfrak{BH})_{max}$ bis $1 \cdot 10^6$ Gauß mal Oersted den Fe-Ni-Co-Al-Stählen mit Güteziffern $(\mathfrak{BH})_{max}$ zwischen 1,2 und $2,1 \cdot 10^6$ mindestens nahekommen. Die Daten von fünf ausgewählten Legierungen sind auszugsweise in Zahlentafel 1 zusammengestellt.

Zahlentafel 1. Eigenschaften von fünf Co-Ni-Cu-Legierungen.

Zusammensetzung	49% Co 26% Ni 25% Cu	45% Co 25% Ni 30% Cu	41% Co 24% Ni 35% Cu	37% Co 23% Ni 40% Cu	29% Co 21% Ni 50% Cu
Koerzitivkraft $\mathfrak{H}_c$ . . . . Oe	232,4	334,6	444	548,5	642
Remanenz $\mathfrak{B}_r$ . . . . . Gauß	6245	5890	5325	4390	3195
$(\mathfrak{BH})_{max} \cdot 10^{-6}$	6,78	8,87	9,93	8,82	6,77
spez. el. Widerst. . . 10^{-4} Ωcm	0,25	0,26	0,26	0,29	0,32
Dichte . . . . g/cm³	8,5	8,5	8,7	8,7	8,5

Im technologischen Verhalten sind die neuen Werkstoffe den Al-Ni-Stählen überlegen, indem sie sich im kalten Zustande sägen, fräsen, drehen, bohren und gewindeschneiden lassen. Sie besitzen wesentlich höhere Zugfestigkeit und höheren Widerstand gegen Schlag- und Stoßbeanspruchung bei mäßiger Härte (Brinellhärte rd. 200), so daß sie auch für Zwecke, bei denen es auf hohe mechanische Beanspruchbarkeit ankommt, benutzt werden können. *Kmn.*

Verschiedenes.

DK 614.8 : 621.3 (494)

Unfälle an elektrischen Starkstromanlagen in der Schweiz in den Jahren 1936 und 1937. [Nach Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 29 (1938) S. 485; 6 S.]

Die Zahl der Unfälle zeigt 1937 eine Zunahme gegenüber 1936. An sich sind die Zahlen zu gering, um einzelne Jahre miteinander vergleichen zu können. Bei 5jährigem Durchschnitt erkennt man aus den beigefügten Tafeln, daß die Zahl der tödlich verlaufenen Unfälle in den letzten 5 Jahren gegenüber den vorherigen 5 Jahren abgenommen hat. 1936 wurden 70 Unfälle mit 14 Toten, 1937 wurden 111 Unfälle mit 23 Toten gemeldet. Hierzu kommen die bei den elektrischen Eisenbahnen gemeldeten Unfälle mit 13 und 14 Verletzten und 4 bezw. 10 Getöteten. Besonders zugenommen haben die Unfälle an Niederspannung. An tragbaren Lampen und an beweglichen Motoren werden 1937 7 tödlich verlaufene Unfälle gemeldet. Die Facharbeiter sind an den tödlichen Unfällen der beiden Jahre mit je 9 Verunglückten beteiligt. An Krananlagen verunglückten 1937 4 Personen tödlich.

Die durchschnittliche Arbeitsunfähigkeit der Verletzten betrug 1936 34 Tage und 1937 29 Tage. Von den geschilderten Unfällen sind besonders hervorzuheben: 7 Fälle durch Betreten unvollständig abgeschalteter Hochspannungszellen. Von diesen Unfällen waren 2 tödlich. Mehrere Verletzungen entstanden durch den Flammenbogen bei der Öffnung oder Kurzschließung belasteter Trennschalter. Ein tödlicher Unfall ereignete sich durch gleichzeitige Berührung einer abgeschalteten 50 kV-Freileitung und eines Erders. Die Freileitung war influenziert durch eine benachbarte in Betrieb befindliche Leitung.

In einem Falle wurde die Hochspannungsleitung, an der gearbeitet wurde, von dritter Seite eingeschaltet. Es war die vorgeschriebene Erdung und Kurzschließung unterlassen worden. Durch Berührung benachbarter hochspannungführender Teile in Transformatorenstationen kam es zu 4 schweren Unfällen mit 5 Verletzten, darunter 3 Toten. Von den tödlich verlaufenden Niederspannungsunfällen entfielen 6 auf Monteure, je einer auf einen Spengler, eine Hausangestellte und einen Schulknaben. Der Knabe hatte verbotswidrig ein Schleusenwehr bestiegen und eine 500 V-Leitung berührt. — Die Hausangestellte hatte vom Dachfenster aus eine vorüberführende Leitung berührt. Durch vorzeitigen Beginn der Arbeiten, bevor die Meldung der Abschaltung erfolgte, verunglückten 2 Monteure tödlich. Ein für die Schweiz eigentümlicher Fall entstand durch mißverständliche französische Schalterstellungsbezeichnung „ouvert" (offen) und „fermé" (geschlossen). Die Worte haben für Wasserleitungen einen anderen Sinn, deshalb wird im deutschen Sprachgebiet die Schalterbezeichnung unmißverständlich mit „ein" und „aus" nicht aber „offen" und „geschlossen" vorgenommen. In einem Falle hatte sich ein festgeklemmtes Kabel durch eigene Schwere aus dem am Mast befestigten Endverschluß herausgezogen, dessen Vergußmasse infolge der Sonnenbestrahlung weich geworden war. Eine Polleiterklemme kam mit dem eisernen Endverschluß in Berührung. Ein den Mast besteigender Monteur wurde getötet.

Von den an beweglichen Motoren eingetretenen 4 tödlich verlaufenen Unfällen entfielen 3 auf landwirtschaftliche Anlagen. In beiden Berichtsjahren wurden 11 Unfälle, darunter 4 tödliche, an mangelhaften tragbaren Lampen gemeldet. In einem Falle fand man den Toten, ohne sofort zu erkennen, daß er durch eine mangelhafte Schnurlampe getötet war. Zwei Stunden später wollte ein anderer die gleiche Schnurlampe am Fassungsschalter einschalten und verunglückte ebenfalls tödlich. Von einem tödlichen Unfall wurde eine Hausfrau betroffen, als sie mit einer metallenen Nachttischlampe vom Zimmer zur Terrasse gehen wollte und auf eine eiserne Türschwelle trat. In Hausinstallationen kamen insgesamt 21 Unfälle vor, darunter einige tödliche. Bemerkenswert ist der Unfall eines Kindes. Es erlitt erhebliche Brandwunden, als es eine 220 V-Kupplungssteckdose in den Mund nahm. *Al.*

AUS DER JUNGINGENIEURARBEIT.

Afrikanische Verkehrsfragen und zukünftige deutsche koloniale Verkehrsarbeit*).

Von Karl Remy, Köln.

DK 656.02(6)

1. Voraussetzungen für eine weitere verkehrliche Entwicklung Afrikas.

So nachdrücklich der deutsche Standpunkt in der Rückgabe des deutschen Kolonialbesitzes rechtlich und wirtschaftlich in unserer Forderung vertreten wird, so interessant scheint es, auch die verkehrspolitische Bedeutung unserer Kolonien einer Untersuchung zu unterziehen. Denn auch von diesem Gesichtspunkt aus ergeben sich wertvolle Anhaltspunkte für die Bedeutung unseres Kolonialbesitzes im Rahmen der verkehrlichen Erschließung Afrikas. Denn der verkehrliche Ausbau dieses Erdteils, der dreimal so groß ist wie Europa einschließlich des europäischen Teiles von Rußland, weist erst etwa 73 000 km Eisenbahnen auf und vielleicht 200 000 km für Kraftwagen befahrbare Wege. Sie sind meist weit entfernt von dem Begriff einer „Allwetterstraße", versagen in der Regenzeit den Dienst und haben erst recht mit dem Begriff „Autostraße" nichts gemein. Läßt man wie üblich in der Betrachtung die bereits verkehrlich höher versorgten nordafrikanischen Kolonien des französischen Empire, Ägypten und die Südafrikanische Union beiseite, so verstärkt sich erst recht dieser Eindruck einer erst im Anfang stehenden kolonialen Erschließung dieser gewaltigen Ländermassen. Selbstverständlich ist für einen Erdteil, der nur 4 bis 5 Menschen auf 1 km² fassen mag, der in der wertvollen englischen Kolonie Nigeria und im französischen Nigerbogen etwa 18 bis 20 Bewohner auf 1 km², in Togo und Kamerun wie auch in Deutsch-Ostafrika 8 bis 10, in Deutsch-Südwestafrika nur 0,5, ausnahmsweise in dem besonders wertvollen Ruanda-Urundi-Gebiet 80 bis 100 Bewohner auf 1 km² aufweist, nur ein bestimmter Grad der verkehrlichen Versorgung nötig, der mit europäischen Maßen nicht gemessen werden kann. Aber einmal ist dieser Grad heute noch nicht erreicht, und dann steht diesem Erdteil noch eine Entwicklung bevor. Zweifellos muß es gelingen, die Transportbedürfnisse zu heben und durch qualitative Verbesserung mancher Ausfuhrartikel die Transportmengen zu steigern.

2. Der Eisenbahnbau unter der Mandatsverwaltung.

Verschiedentlich wurde aus Kreisen der Mandatsinhaber unsere verkehrliche Arbeit in den Kolonien, vor allem in Kamerun, mit Kritik nicht verschont. Indes können uns diese Urteile nicht irre machen an dem vor aller Augen liegenden Ergebnis, daß in dem Kameruner Mandat nur die bescheidene Bauleistung von 165 km Eisenbahnen in 20 Jahren zustande gebracht wurde, daß der vielgerühmte Straßenbau von angeblich 5000 km Länge nur unter rücksichtslosem Einsatz der Zwangsarbeit erreicht wurde und daß von den viel weitergehenden Plänen der deutschen Verkehrsverwaltung nichts in die Wirklichkeit umgesetzt wurde.

Es wurden in Togo bei 1914 327 km vorhandenen Eisenbahnen bis heute 112 km gebaut, in Kamerun bei 340 km 165 km, in Deutsch-Südwestafrika bei 2118 km 440 km, in Deutsch-Ostafrika bei 1628 km 585 km. Es bestanden 1914 4449 km, es sind heute 5720 km vorhanden, ein mageres Ergebnis einer zwanzigjährigen Mandatsverwaltung.

*) Vortrag, gehalten vor den Jungingenieuren des VDE Bezirk Berlin-Brandenburg am 7. 12. 1938.

3. Die Entwicklung der Eisenbahnen in den deutschen Kolonien.

So sehr wir die zögernde Verkehrspolitik der ersten zwanzig Jahre deutschen Kolonialbesitzes bedauern mögen, so sehr haben wir Ursache, auf unsere Bauleistungen der Jahre nach den Wahlen des 25. 1. 1907, die eine kolonialfreundliche Mehrheit brachten, stolz zu sein. Eisenbahnbauten in Länge von 1000 km, wie sie in vier Zeitabschnitten von je 2 bis 2½ Jahren hintereinander durchgeführt wurden, würden auch heute noch als ein Zeugnis hohen technischen Könnens anzusehen sein.

Im Jahre 1919 wäre das fünfte Tausend Kilometer deutscher Kolonialbahnen dem Betriebe übergeben worden. 432 Mill Mark waren bereits 1914 in den Bahnen angelegt. In Togo war die Verlängerung der „Baumwollbahn" von Lome über Atakpame hinaus nach Sokode und Tschapowa geplant, wo die Chromerzlager bei Banjeli eine Ausbeute versprachen. Für Kamerun war die Mittellandbahn bis Jaunde geplant, es wurde an die Fortsetzung nach Osten bis an den Ubangi-Fluß bis Bangui gedacht und an eine südlicher gelegene Strecke in Richtung auf das französische Fort Wesso. Nach dem Norden sollte die Bahn in Richtung auf den Tschadsee bei Fort Lamy geführt werden. Zweiglinien sollten seitlich angeschlossen werden, die wichtigste in Richtung auf das französische Fort Archambault. Diese Kameruner Linien bewegten sich im Rahmen eines von dem Hafen Duala aus gedachten Erschließungsplanes nicht nur der eigenen Kolonie, sondern auch des anschließenden Französisch-Äquatorafrika. In Deutsch-Südwestafrika sollte noch die Ambolandbahn gebaut werden, die im Nordwesten bis Okahakana geführt werden sollte, um von hier aus Saisonarbeiter nach den südlich gelegenen Farmen bringen zu können. Die im Kriege von den Südafrikanern ausgeführte Verbindung mit der Eisenbahn nach Kapstadt war auch von der deutschen Verwaltung in Aussicht genommen. In Deutsch-Ostafrika war in erster Linie an die inzwischen ausgeführte Verlängerung der Usambarabahn bis Moschi und Arusha gedacht, dann aber an den Anschluß des Ruanda-Urundi-Gebietes durch eine Zweigbahn von der ostafrikanischen Zentralbahn von Tabora nach dem Kagerafluß. Die weiteren Pläne galten einer Südbahn vom Hafen Lindi nach dem Njassasee bei Wiedhafen und einer Verbindung der Zentralbahn mit der Südbahn über die Hochebene von Jringa.

Wir wollen angesichts der Zahlen über den bescheidenen weiteren Ausbau der Eisenbahnen in unseren Kolonien nicht verkennen, daß er zum Teil bedingt ist in der politischen Unsicherheit, wie sie der Mandatsgedanke des Versailler Diktats mit sich gebracht hat. Sodann hemmt die Mandatare die Rücksicht auf den kolonialen Wettbewerb ihrer eigenen Nachbarkolonien. Endlich aber haben Flugzeug und Kraftwagen auch in den Mandaten einerseits fördernd auf die Gesamtentwicklung eingewirkt, anderseits aber auch eine zunehmende Zurückhaltung angesichts der technischen Umwälzung verursacht. Es bleibe daher durchaus dahingestellt, ob die eine oder andere Strecke auch unter deutscher Herrschaft nicht ausgeführt und die verkehrliche Entwicklung in einem Ausbau des Straßennetzes gesucht worden wäre.

Wesentlich ist, daß unsere Kolonien nicht ein von dem großen afrikanischen Verkehrsproblem abgesondertes Dasein führen können, sondern daß Verkehrsbauten in den deutschen Kolonien jeweils Kernprobleme der afrikanischen verkehrlichen Zukunft berühren.

4. Togo und Kamerun und die Zukunft der westafrikanischen Verkehrswege.

Im Westen streben die großen Eisenbahnlinien des französischen Kolonialreiches zusammen. Diese Sauglinien des Verkehrs, die von der atlantischen und von der Guineaküste von den Häfen Dakar, St. Louis, Konakry, Abidjean und Kotonu ins Innere des Nigerbodens bis teils auf über 1200 km vorgetragen worden sind, müssen bis an den Strom verlängert und sollen in ihren künftigen Endpunkten miteinander verbunden werden. Ähnlich streben die englischen Linien der Goldküste und Nigeriens von den Häfen Takoradi, Akra, Lagos und Port Harcourt in teils 1400 km Länge ins Innere und sollen weiter ausgebaut werden. Es tritt uns hier nicht nur ein Wettbewerb Eisenbahn — Flußschiffahrt im Gleichlauf mit dem Senegal- und Nigerfluß entgegen, es kämpft nicht nur bereits das Auto in Französisch-Westafrika und in Englisch-Nigeria mit der Schiene und hat den behördlichen Eingriff herausgefordert, sondern es handelt sich auch um einen Wettbewerb der englischen und französischen Kolonialhäfen untereinander, die die Erzeugnisse der Länder am Niger an sich zu ziehen versuchen.

Die Einöde der Sahara aber ist endgültig aus der Passivität eines trennenden Landmassivs herausgetreten. Seit etwa zehn Jahren hat sie begonnen, zur verbindenden Brücke zwischen den nordafrikanischen Kolonien von Algier und der Guineaküste zu werden. Zuerst war der Kraftwagen auf dem Plan. Zwei Wüstenautobuslinien durchqueren die Sahara, von Colomb Bechar und von Algier bis Gao am Niger und bis Kano in Englisch-Nigerien. Sie finden ihre Fortsetzung bis Fort Lamy am Tschadsee. Privatverbindungen ermöglichen die Weiterreise durch Französisch-Äquatorialafrika bis zum Belgischen Kongo. Hier vermitteln Kraftwagen der „Vicicongo“ die Reise durch den nördlichen Kongo nach Stanleyville und nach Juba am Nil, wo die Nilschiffahrt endet. Indes eignen sich diese Verbindungen weder zu Lastentransporten größeren Stils, noch können sie in der Regenzeit, in der Sahara in der heißen Jahreszeit, durchgehalten werden. Schneller sind die Flugverbindungen der Air France und der Air Afrique und der belgischen „Sabena“, die von Paris und Brüssel über die Sahara nach Gao, nach Fort Lamy und von da in den Belgischen Kongo und weiter nach dem Katangagebiet, nach Elisabethville und hinüber nach Madagaskar führen. Doch dienen auch sie, wenngleich bestens wirtschaftlich ausgenutzt, nur einem kleinen Kreis zahlungsfähiger und eiliger Benutzer. Immer noch wird daher ein Eisenbahnbau durch die Sahara geplant. Der Wassermangel zwingt zum Betrieb mit Diesel- oder Turbinenlokomotiven, nachdem man einen elektrischen Betrieb glaubte völlig ablehnen zu müssen. Ob einmal der inzwischen in Marokko unter immerhin ähnlichen Umständen durchgeführte elektrische Betrieb diese ablehnende Stellung gegenüber dieser etwa 3000 km langen, durch fast menschenleeres Gebiet führenden Linie, die nur auf der östlichen der beiden miteinander streitenden Linienführungen alle 300 bis 400 km auf bewohnte, wasserführende Oasen trifft, zu ändern in der Lage sein wird, bleibe dahingestellt. Die Franzosen stellen ihre gesamte afrikanische Kolonialpolitik leider in erster Linie unter den militärischen Nenner. Erst in zweiter Linie wird das wirtschaftliche Transportproblem erörtert, die Abfuhr der Erzeugnisse aus dem Nigergebiet, künftig vornehmlich Baumwolle aus der Gegend von Segu und Mopti, nach den Häfen Algiers. Man will diese Bahn in Normalspur bauen, entgegen der in beschränkter Leistungsfähigkeit sonst in Westafrika vorhandenen 1,00 m-Spur.

Leider tritt uns hier schon der Wirrwarr der in Afrika verwendeten Spurweiten als ein Hindernis großzügigen Zusammenschlusses entgegen. In Algier und Ägypten die Normalspur nebst 75-, 76-, 95 cm- und 1,0 m-Spur, in Westafrika vornehmlich 1,0 m-Spur, südlich des Äquators in Kamerun, in Deutsch-Ostafrika die 1,0 m-Spur, in Deutsch-Südwestafrika und in der Union nebst Rhodesien und im Kongo die Kapspur 1,067 m. Daneben findet man noch die 60 cm-Spur, in großer Ausdehnung bei der Otavibahn in Deutsch-Südwestafrika. Dennoch kann man sagen, daß die Kapspur sich zur afrikanischen Normalspur durchgerungen hat. Sowohl im Kongo wie in Portugiesisch-Ostafrika sind große Strecken mit erheblichen Kosten aus anderen Spurweiten in die Kapspur umgebaut worden. Die Leistungsfähigkeit der Kapspur ist bei den großen Abfuhrstrecken der Erzlager des Katangagebiets durchaus erwiesen. Die Bequemlichkeit des Reisenden leidet kaum Not. Eine verkehrliche Entwicklung, die gebieterisch die Normalspur für Afrika verlangen würde, ist nicht in den Bereich der Betrachtungen zu ziehen.

Mit dem erwähnten Fort Lamy, dem Flughafen der Afrikalinien und Endpunkt der Autobuslinien durch die Sahara rückt eine andere Verkehrsfrage in unseren Gesichtskreis, die sich um unsere Kolonie Kamerun bewegt. Denn der Tschadsee als Kreuzungspunkt alter Karawanenstraßen übt sowohl politisch wie heute verkehrspolitisch eine unverkennbare Anziehungskraft aus, so wenig sie vielleicht dem kaum 1½ m, gelegentlich 7 m tiefen, auf viele Kilometer an den Ufern versumpften, malariabedrohten See von der Größe etwa der Rheinprovinz gelten mag. Vom Tschadsee gingen einst die Karawanen nordwärts nach Tripolis, bis die Erzeugnisse an die vom Westen vordringenden Eisenbahnen abgezogen oder auf den Ubangi nach dem Kongofluß gelenkt wurden. Hier tritt also Kamerum in den Vordergrund, dessen bis an den See geplante Bahn hervorragende Bedeutung für den Anschluß an das Meer bei Duala gewinnen würde. Auch die Engländer wollen ihre nigerische Bahn bis zum See verlängern, sei es an das nördliche Ende des Sees über den jetzigen Eisenbahnendpunkt Nguru, sei es mehr südlich, wie der zuletzt aufgestellte Plan ausweist. Ob die vor Jahren laut gewordenen italienischen Absichten, von Norden her zunächst mit Autolinien an den See vorzustoßen, noch ernstlich nach der Eroberung Abessiniens verfolgt werden, ist ungewiß. In dem italienischen verkehrstechnischen Schrifttum wird diese Straße zwecks Belebung der Häfen Tripolis und Benghasi immer wieder erwähnt. Erst recht denken natürlich die Franzosen daran, mit der Saharabahn ostwärts mit einem Zweig bis Fort Lamy vorzustoßen und diese Bahn einmal bis zum Belgischen Kongo zu verlängern. Daß solchen Absichten Kamerun im Wege steht, ist verständlich. Die Rolle des vorzüglichen Hafens Duala als Eingangspforte zu Zentralafrika ist zu offensichtlich. Der Weg über den Ubangi zum Kongo und zur französischen Kongo-Ozean-Bahn von Brazaville nach dem Atlantischen Ozean bei Pointe Noire ist nur eine Aushilfe. Die Natur zeigt nach Duala.

5. Deutsch-Südwestafrika und Deutsch-Ostafrika im zentralafrikanischen Verkehrsgebiet.

Von gewaltigen Ausmaßen hat sich im südlichen Zipfel des Belgischen Kongo, im Katangagebiet, ein Verkehrsproblem zur Lösung gestellt, dessen Auswirkungen von dem Kongohafen Matadi und dem portugiesischen Hafen Lobito, im gewissen Sinne bis zur Walfischbai in Deutsch-Südwestafrika am Atlantischen Ozean im Westen hinunter bis nach Kapstadt und östlich hinauf an den Indischen Ozean nach Beira und nach Daressalam in Deutsch-Ostafrika reicht. Weit- und tiefreichend ist hier der britische Einfluß auf die Erzgewinnungsgesellschaften, die Landgesellschaften, die Eisenbahnen. Belgische, portugiesische und südafrikani-

sche Kräfte stehen im Schatten der britischen Finanzgewalten. Cecil Rhodes und Robert Williams sind die Namen der Männer, die in die Verkehrsgeschichte Südafrikas, die in ihrem Zeitalter eine Eisenbahngeschichte war, unvergänglich eingegraben sind. Wenn heute aus dem Schwerpunkt dieses erzreichen Gebietes, das in der Kupferproduktion selbst Amerika bedrängt, ein 3700 km langer Eisenbahnweg bis Kapstadt, ein 2600 km langer Schienenstrang bis Beira läuft, die Benguelabahn bis Lobito mit 2200 km Länge sich an der Abfuhr der Erze beteiligt, so verdankt Afrika diesen gewaltigen Ausbau des Eisenbahnnetzes südlich des Äquators diesen Männern. Dagegen hat nur ein weiterer Weg Aussicht auf Erfolg, der geplante Ausbau der belgischen Kongobahnen von Elisabethville aus nach Matadi. Von den 2800 km fehlen aber noch 700 bis 800 km von Port Franqui bis Leopoldville. Einstweilen tritt hier die Flußschiffahrt auf dem Kassai und auf dem Kongo zur Ausfüllung der Lücke in die Bresche. Demgegenüber muß der alte Weg über den Kongo mit seiner Länge von 3900 km und einer 7maligen Umladung bis zum Seeschiff bei Matadi in den Hintergrund treten. Denn hier am Kongo tritt die Unvollkommenheit eines an sich mächtigen Stromsystems von vielleicht 12 000 km Länge der Haupt- und Nebenflüsse so recht zutage. Die Schiffahrt auf dem Kongo ist schwierig und steigert sich bei niedrigen Wasserstand zu einer hohen Kunst. An drei Stellen ist sie wegen der Stromschnellen unterbrochen, von Kongolo bis Kindu, von Ponthierville bis Stanleyville, von Leopoldville bis Matadi. 880 km Eisenbahnen hat man zur Umgehung des Höllentores, der Stanleyfälle und der Livingstonefälle gebaut.

Abb. 1. Verkehrswege in Afrika.

Trotz der Umladekosten aber wurde vor dem Kriege von Deutschland im Verein mit Belgien noch ein Versuch zur Schaffung einer weiteren Abfuhrlinie gemacht. Sie sollte und führt heute tatsächlich über Bukama auf den Lualaba-Fluß, verlangt die Umladung auf die belgische Eisenbahnstrecke Kabalo—Albertville, die 1916 fertiggestellt wurde, verlangt den Seetransport über den Tanganjika-See nach dem deutschen Hafen Kigoma, wo die ostafrikanische Zentralbahn mit 1242 km Länge bis zum Hafen Daressalam anschließt. Diese Abfuhrstrecke ist nur kurze Zeit nach dem Kriege wirksam gewesen. Die Engländer haben kein Interesse, diese Strecke zu befruchten. Die Transporte gehen heute in der Hauptsache nach Baira und nach Lobito.

Mit diesen Bahnbauten erschloß sich für die Briten von selbst ein strategisch-politischer Abkürzungsweg nach Indien, die West-Ost-Durchquerung Lobito—Beira von 4600 km Länge. In der englischen Presse ist die Bedeutung dieser Verbindung offen gewürdigt worden. Ein ähnlicher Erfolg wurde und wird vielleicht noch gesucht von der Walfischbai aus, wo man im Anschluß an die nach dem Kriege in Deutsch-Südwestafrika gebaute Strecke Windhuk—Gobabis eine Strecke Gobabis—Livingstone zum Anschluß an die Strecke nach Beira trassiert hatte. Mit dieser Absicht trat auch Deutsch-Südwestafrika in den Gesichtskreis großer afrikanischer Verbindungen.

6. Deutsch-Ostafrika als Glied des Nord-Süd-Weges durch Ostafrika.

Mehr aber noch als Kamerun liegt Deutsch-Ostafrika, abgesehen von der Durchgangslinie aus dem Belgischen Kongo, in der Linie eines großafrikanischen Verkehrsweges, der Verbindung vom Kap nach Kairo. Die agitatorische Schwere ist allerdings von diesem alten, von Cecil Rhodes wieder belebten Schlagwort längst genommen. Im Gegenteil, es hat für das britische Empire heute keinen Sinn mehr. Es galt in seiner ganzen Bedeutung, als die Südafrikanische Union noch als ausschließliches Interessengebiet Englands betrachtet werden konnte, als Ägypten noch als ein unselbständiges Glied des Reiches anzusehen war. Heute handelt es sich nur noch darum, den ostafrikanischen britischen Besitz von dem englisch-ägyptischen Sudan über Kenia–Uganda mit den beiden Rhodesien zu verbinden. Die verkehrliche Verbindungslinie geht, wie die Kap-Kairo-Linie, durch Deutsch-Ostafrika.

Den Sudan läßt England vom Roten Meer aus verkehrlich bedienen, mit der 1906 von Port Sudan ins Innere geführten Bahn. Über 3700 km Eisenbahnstrecken dienen dieser Aufgabe, berühren fast das alte Reich des Negus und strecken eine Linie in die Sahara bis El Obeid vor mit der Absicht, diese Linie bis El Fascher zu verlängern. Aber nach Ägypten zu bricht die Eisenbahn in Wadi Halfa ab und wird mit dem Schiff erst wieder in Assuan erreicht. Im Süden ist der äußerste Eisenbahnpunkt Kosti am Nil. Von hier fährt das Nilschiff 1700 km aufwärts bis Juba. Durch das gefährliche Sumpfgebiet des Sudd gibt es keine Landverkehrswege. Solche zu schaffen heißt das Gebiet entwässern, eine Wasserbauaufgabe ersten Ranges. Erst in Juba setzen wieder Autowege nach Uganda–Kenia und nach dem Kongo ein und vermitteln den Verkehr bis zu den nächsten Bahn-, Binnensee- und Flußstrecken.

Aber eine unmittelbare Bahnverbindung nach Rhodesien fehlt noch. Durch Deutsch-Ostafrika wäre sie möglich. Ihr Bau würde auch im Interesse der Kolonie selbst liegen. Möglich wäre sie auch durch den Kongo über Stanleyville, wo zunächst der Bahn-Wasser-Weg nach Bukama zur Verfügung steht. Einstweilen haben die Engländer einen Autoweg gebaut, den Great North Road, wie sie ihn nennen, nur in der Trockenzeit mit Sicherheit befahrbar. Weiter sind die Pläne noch nicht gediehen. Weder die Verbindung der Usambarabahn mit der Zentralbahn noch die nach Rhodesien führende Eisenbahn liegt schon in den Plänen fest.

Dagegen ist diese Nordsüdverbindung Teilstrecke einer großen Flugverbindung der Imperial Airways von London über Brindisi, Kairo, Assuan, Khartum, Juba, Nairobi, die Küste entlang über Mombasa, Daressalam, Lindi nach Durban. In Nairobi schließen die Flugzeuge der Südafrikanischen Union nach Elisabethville und Johannesburg–Kapstadt an mit einer Seitenlinie nach Windhuk. Da Dodoma an der Zentralbahn und Mbeya im Süden der Kolonie angeflogen werden, besitzt Deutsch-Ostafrika glänzende Flugverbindungen. Sie werden ergänzt durch ein privates Flugnetz der Wilson Airways, die von Nairobi aus eine ganze Reihe von Siedlungen der Kolonie befliegen.

7. Die koloniale Zukunft der neuzeitlichen Verkehrsmittel im Wettbewerb.

Hier liegt auch der Schlüssel, weshalb für Schnellverbindungen der Bau von Bahnen in den Kolonien in den Hintergrund getreten ist. Dies um so mehr, als die großen transkontinentalen Flugverbindungen weit besser in ihren Einnahmen stehen als die europäischen Verbindungen. Es wird nicht mehr lange dauern, so tragen sie sich selbst. Ja man kann annehmen, daß sie einmal die kurzstreckigen Luftlinien des europäischen Kontinents wirtschaftlich mittragen werden. Daher ist auch der Flugverkehr selbst innerhalb einer Kolonie wie im Kongo ein Unternehmen, das sehr bald wirtschaftlich arbeiten wird. Wollen die Bahnen hier in Wettbewerb treten, so müssen sie auch in den Kolonien schneller fahren und auf die Verbindung des Personen- und Gütertransportes in gemischten Zügen verzichten. Schon hat man in Französisch-Westafrika und in Nigeria den Triebwagen zu diesem Zwecke eingesetzt. Hierzu zwingt auch der Kraftwagen. Denn mindestens in der Trockenzeit sind seine Reichweite und auch seine Geschwindigkeit der Bahn ebenbürtig, wenn nur in Abständen von Tagen oder gar einer Woche durchgehende Züge verkehren sogar überlegen. Der Lastwagen bereitet in den Gütern mit hohem Tarif ebenfalls Wettbewerb. Daher konnte auch in den Kolonien der gesetzliche Eingriff nicht ausbleiben. In Kenia-Uganda und in Deutsch-Ostafrika sind Wettbewerbsregelungen getroffen, zuletzt auch in den französischen Kolonien.

Will man dem Kraftwagen weitere Möglichkeiten erschließen, dann müssen Straßen gebaut werden. Der Straßenbau ist auch in großem Umfang in Angriff genommen. Ob die Straßen wesentlich billiger werden als eine normale Kolonialbahn, muß bezweifelt werden. So wie sie meist heute als einfache befestigte Erdwege gebaut werden, kommen sie als Ersatz für den Bahnweg keinesfalls in Frage. Schon die deutsche Kolonialverwaltung hatte einst Straßen unter wesentlich geringeren Lasten zu 20 000 Mark/km veranschlagt. Die billigsten Kolonialbahnen kosteten 30 000 Mark/km. Diese Fragen müssen ausgetragen werden. Dabei wird man namentlich für den Massenverkehr, sowohl der Aus- und Einfuhr, wie der Eingeborenen kaum auf ein Eisenbahnnetz als Stammlinie des Verkehrs und als politischen Rückhalt verzichten können. Wohl kann der Bau von Seitenlinien in den Hintergrund treten. Ob nun gar an elektrischen Betrieb gedacht werden soll, ist eine Frage, deren Durcharbeitung sich mit Recht die Arbeitsgemeinschaft der Jungingenieure des VDE gestellt hat. Sie wird die Beantwortung nicht einseitig in den Fragen des Eisenbahnbetriebes, sondern auch in der Frage der Krafterzeugung suchen müssen. Dabei spielt der Mangel an Kohle in Afrika eine entscheidende Rolle. Die Sorge um die Aufspeicherung des Wassers aber ist noch lange nicht gelöst und würde nicht nur für die Krafterzeugung, sondern in Gebieten wie in Deutsch-Südwestafrika für die ganze Farmerwirtschaft von sehr hoher Bedeutung werden.

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

Bezirk Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus. Fernsprecher: 34 88 85.

A. o. Bezirksversammlung

am Dienstag, dem 17. Januar 1939, 20^{00}, im Großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22.

Vortrag des Herrn Direktor Dr.-Ing. H. Probst VDE, Berlin, über das Thema:

„Schaltanlagenbau in Vergangenheit und Gegenwart".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Leitungstelegraphie und -telephonie".

Leiter: Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Ingenieur G. Keller VDE, Berlin, am Donnerstag, dem 19. Januar 1939, 20^{00}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Die Meßgeräte der Telegraphie".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Hochspannungsgeräte".

Leiter: Dr.-Ing. E. Krohne VDE.

Vortrag

des Herrn Oberingenieur Dr.-Ing. W. Estorff VDE, Berlin, am Dienstag, dem 24. Januar 1939, 20^{00}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Die Bemessung der Isolation von Hochspannungsanlagen".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Theoretische Elektrotechnik".

Leiter: Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Professor Dr.-Ing. H. Kafka VDE, Prag, am Donnerstag, dem 26. Januar 1939, 20^{00}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Ebene Vektorrechnung und symbolische Methode bei Wechselstromaufgaben".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im Jungingenieurzimmer des VDE-Hauses, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
12. 1. 1939 Vortragsreihe „Relais in der Starkstromtechnik": „Die Verwendung und Auslegung von Schutzsystemen in elektrischen Netzen", Vortragender: Dr.-Ing. H. Titze VDE.

Elektrizitätswerke. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. B. J. v. d. Knesebeck VDE.
13. 1. 1939 I. Reihe „Wasserkraftwerke": „Der automatische Einsatz von Wasserkraftwerken", Vortragender: Oberingenieur B. Fleck VDE.

Elektromaschinenbau. Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.
16. 1. 1939 I. Reihe: „Grenzen im Bau von Wasserkraftgeneratoren": „Auswertung der Forderungen des Kraftwerkbauers und der konstruktiven Begrenzung durch den Berechner", Vortragender: Dr.-Ing. W. Putz VDE.

Fernmeldetechnik. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. K. Wagner VDE.
17. 1. 1939 „Die Lacke in der Fernmeldetechnik", Vortragender: Ingenieur G. Pohler VDE.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
19. 1. 1939 „Charakteristische Demonstrationsversuche mit Kathodenstrahl-Oszillographen", Vortragender: Dr. E. Steudel.

Industrieanlagen. Leiter: Dr.-Ing. R. v. Meibom VDE.
20. 1. 1939 „Anforderungen an die Elektrotechnik in Wasserwerken", Vortragender: Oberingenieur Dr. F. Voerste.

VDE Bezirk Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Braunschweig. 12. 1. (Do.), 20^{15}, T. H.: „Planung, Konstruktion und Bau von Hochspannungsfreileitungen". Dipl.-Ing. H. Calliess VDE.

VDE Bezirk Hansa, Hamburg. 18. 1. (Mi.), 20^{00}, Techn. Staatslehranstalt: „Die Elektrotechnik industrieller Anlagen" (m. Lichtb.). Obering. Bauer.

VDE Bezirk Magdeburg-Anhalt. 17. 1. (Di.), 20^{15}, Ver. Techn. Staatslehranstalten: „Fernsteuerung in Stadtnetzen und Industrieanlagen mittels Transkommandosystem". Dr.-Ing. V. Aigner VDE.

VDE Bezirk Niedersachsen, Hannover. 17. 1. (Di.), 20^{00}, T. H.: „Gegenwartsfragen der Fernsehtechnik". Postrat Prof. Dr. Gehrts VDE.

VDE Bezirk Köln. 20. 1. (Fr.), 20^{00}, Lese: „Änderungen der elektrischen Eigenschaften von Isolierstoffen im elektr. Felde". Obering. Leilich.

VDE Bezirk Südsachsen, Stützpunkt Zwickau. 19. 1. (Do.), 20^{00}, Gaststätte Penzler, Adolf-Hitler-Ring 20: „Vermaschung von Hoch- und Niederspannungsverteilungen, Netzgestaltung bei steigendem Stromabsatz". Dr.-Ing. W. v. Mangoldt VDE.

VDE Bezirk Südsachsen, Chemnitz. 19. 1. (Do.), 20^{00}, Staatl. Akademie für Technik: „Elektronenoptik, Elektronenmikroskop". Dr. Katz VDE.

VDE, Kreisgruppe Wuppertal-Elberfeld. 17. 1. (Di), 20^{15}, Saal der Technik: „Anwendung gittergesteuerter Stromrichter in der Industrie". Dipl.-Ing. Dr. Nowag VDE.

VDE Bezirk Württemberg, Stuttgart. 12. 1. (Do.), 20^{00}, El. Inst.: „Grundzüge der heutigen Selektivschutztechnik" (m. Vorführ.). Dr. Denzel.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft.

1. Bezirksgruppe Berlin (in Gemeinschaft mit der Deutschen Gesellschaft für Technische Physik und der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin). 19. 1. (Do.), 17^{30}, T. H.: „Sehschärfe und Lichtfarbe" (m. Lichtb.). Doz. Dr. H. Schober.
2. Bezirksgruppe Frankfurt a. M. 17. 1. (Di.), 20^{00}, Kunstgewerbeschule: „Licht als Förderer der öffentlichen Elektrizitätswirtschaft". B. Seeger.
3. Bezirksgruppe Karlsruhe. 17. 1. (Di.), 20^{15}, T. H. Karlsruhe: „Gutes Licht bei der Arbeit und in der Freizeit. Ein Weg zur Betriebs- und Wohnkultur" (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. W. Kircher. Anschließend Kulturtonfilm „Licht".
4. Bezirksgruppe München. 20. 1. (Fr.), 20^{00}, T. H.: „Bauen und Beleuchten" (m. Lichtb.). Ing A. Pahl.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Auszeichnungen. — Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr. H. Barkhausen, T. H. Dresden, war zur Abhaltung einiger Vorlesungen nach Japan eingeladen worden und weilte dort vom 14. 9. bis 12. 11. 1938. Das Institute of Electrical Engineers of Japan, Tokio, ehrte ihn durch Ernennung zum Ehrenmitglied.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.3 : 66/69

Die Elektrizität im Aufgabenkreis der deutschen Technik. Von Dr.-Ing. E. h. R. Bingel. Festvortrag gehalten am 24. Mai 1938 auf der Tagung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker im großen Saal des Gürzenich zu Köln. Mit 33 Abb., einem Bildnis u. 90 S. im Format 140 × 195 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1938. Preis geb. 2,70 RM.

Dieses kurze Büchlein von nur 29 Seiten fesselt von der ersten Seite an und hält bis zur letzten in Spannung. Es greift aus dem großen technischen Geschehen einige besonders eindrucksvolle Entwicklungslinien heraus. Es zeigt die gewaltige Aufbauarbeit und den ungeheuern Sturmlauf, mit dem die Elektrotechnik alle übrigen Industriezweige und unser tägliches Leben durchdrungen hat. Hier sei einiges aus seinem Inhalt angedeutet:

Unsere Rohstoffe und Gebrauchsgegenstände enthalten heute einen gewissen Betrag umgewandelter elektrischer Energie, über deren Größe der vom Verfasser neueingeführte „spezifische elektrische Arbeitsinhalt" ein anschauliches Bild vermittelt. Wir erfahren von einem „Grundgesetz der elektrischen Antriebstechnik" und von seiner zielsicheren Anwendung bei Arbeitsmaschinen. Wir hören von feinsten Antriebsverästelungen bei Papiermaschinen und von gigantischen elektrischen Antriebsleistungen in Bergbau und Hüttenbetrieben. Wir erfahren von gewaltigen Strömen bei der Elektrolyse, vom elektrischen Großverbrauch der Elektrowärme und der chemischen Industrie. Wir lernen hier, ähnlich wie beim Antrieb, Wertigkeitsstufen im Einsatz elektrischer Energie unterscheiden. Dieses große Arbeitsfeld konnte erobert werden, weil grundlegende Vorzüge der Elektrizität, die sich wie keine andere Energieform wandeln, fortleiten, teilen, regeln, steuern und messen läßt, die Elektrotechnik zu immer neuen Glanzleistungen befähigten.

Ein guter Teil des Fortschrittes muß aber auf einer anderen Entwicklungslinie gesucht werden. Von der Physik her dringen immer wieder neue Anregungen in die Elektrotechnik ein, erhalten technische Gestaltung und blühen hier zu besonderer Bedeutung auf. Dieser Entwicklungslinie verdankt man die Gasentladungstechnik, deren Stromrichter und Gasentladungslampen der Elektrizität Einsatzmöglichkeiten von volkswirtschaftlicher Bedeutung gegeben haben. Man verdankt ihr die technische Elektronik mit einer Fülle von originellen Nutzanwendungen, von denen der Kathodenoszillograph dem menschlichen Auge die raschesten Vorgänge und das Elektronenmikroskop eine Welt des räumlich Kleinen offenbart hat. Und schon kündigen sich Aufgaben der Elektrotechnik von morgen an: Die Ausnutzung des Ultraschalls, der extrem tiefen Temperaturen und der Atomzertrümmerung.

Das Büchlein ist hervorgegangen aus dem Festvortrag des Verfassers auf der diesjährigen Verbandstagung. Auch beim Lesen weckt es echte Feststimmung. Die Blickweite des eingenommenen Standpunktes und die lebendige Darstellung von Stand, Entwicklungsmöglichkeiten und Grenzen der Elektrotechnik hinterlassen einen starken Eindruck. Jeder Elektrotechniker sollte dieses Buch auf sich wirken lassen. Darüber hinaus ist zu wünschen, daß es in alle Kreise dringt, die technischem Schaffen Verständnis entgegen bringen; denn es vermittelt wie kein zweites einen fesselnden Einblick in Aufgaben und Leistungen der Elektrotechnik. W. Rogowski VDE.

DK 621.395.34 : 656.26

Selbstwählfernverkehr in Bahnfernsprechanlagen. Von Dr.-Ing. E. Hettwig und Dipl.-Ing. W. Mai. Mit 118 Abb., VI u. 170 S. im Format 160 × 240 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1938. Preis geb. 12,60 RM.

Das Buch gibt einen Überblick über die Technik der Fernsprechanlagen mit Wählbetrieb, die für die besonderen Zwecke der Eisenbahnen entwickelt worden sind. Bei dieser Technik sind nicht nur die Betriebsbedingungen für den Verkehr innerhalb der einzelnen Anlagen, sondern auch die Bedingungen für den Verkehr mit dem öffentlichen Fernsprechnetz und für den Verkehr mit anderen Fernsprechanlagen der meist räumlich sehr ausgedehnten Fernsprechnetze der Eisenbahnverwaltungen zu berücksichtigen. Die Anwendung der Wähltechnik im Verkehr zwischen den einzelnen Fernsprechanlagen bedingt eine ähnliche Entwicklung, wie sie beim Selbstwählferndienst in öffentlichen Netzen zu beobachten ist.

Das Buch ist eingeteilt in 13 Abschnitte. Die Darstellung beschränkt sich auf das Wesentliche. Eine große Zahl von Abbildungen und gut gewählter Zeichnungen erleichtert das Verständnis. F. Schramm.

DK 389.6

Einführung in die Dinormen. Bearbeitet von Ing. W. Zimmermann und Dipl.-Ing. E. Böddrich, in Gemeinschaft mit der Geschäftsstelle des Deutschen Ausschusses für Technisches Schulwesen (DATSCH) E. V. 6. Aufl. Mit 435 Abb., VII u. 216 S. im Format A 5. Verlag von B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1938. Preis kart. 3,20 RM.

Der Deutsche Ausschuß für Technisches Schulwesen hat sich der dankbaren Aufgabe unterzogen, dem Fachmanne, dem Konstrukteur, dem Studierenden oder dem sonst daran interessierten Laien durch die 6. verbesserte und erweiterte Auflage seines Lehrbuches „Einführung in die Dinormen" einen Überblick über den gegenwärtigen Stand der deutschen Normung zu vermitteln.

Der in der Praxis üblichen Einteilung der Normung gliedert sich der Aufbau des Buches an. Es behandelt demgemäß:

1. Die Grundnormen; sie bilden die Basis, auf der sich das Gebäude der ganzen übrigen Normung aufbaut.
2. Die Stoffnormen, die die Zusammensetzung, Beschaffenheit oder die Prüfbedingungen der Roh- und Werkstoffe vereinheitlichen.
3. Die Maßnormen, durch die die Abmessungen für alle genormten Teile festgelegt werden.

Von dem im Rahmen des Buches ausführlich behandelten und teilweise im verkleinerten Maßstab vollständig wiedergegebenen Grundnormen seien zunächst folgende erwähnt: Einheiten, Formelzeichen, Normungszahlen, Formate und Gewinde. Einen breiten Raum nehmen die Zeichnungsnormen ein, die für den Konstrukteur von besonderer Wichtigkeit sind. Über die Grundbegriffe der Passungen sind klare und übersichtliche Ausführungen für den Maschinen- und Apparatebauer enthalten. Zu begrüßen ist es, daß auch die sich immer mehr einführenden ISA-Passungen im größeren Umfange beschrieben wurden. Bei den Rohstoffnormen sind unter Berücksichtigung der Umstellung auf Heimstoffe außer Stahl und Bronze auch die neuesten Entwürfe für Aluminium- und Magnesiumlegierungen aufgenommen worden.

Einen weiteren Teil des Buches bilden die Normen für Konstruktionselemente aller Art, von denen hauptsächlich die Abschnitte über Paßstifte, Nieten, Schrauben und Zubehör, Begriffe und Bezeichnungen der Zahnräder sowie über Wälzlager erweitert wurden.

Die Normung hat auch auf verschiedenen Gebieten der Technik wichtige Aufgaben zu erfüllen. Eine besondere Rolle spielt sie jedoch in der Elektrotechnik, in der sie einen wesentlichen Einfluß auf die Sicherheit der elektrischen Anlagen ausüben soll. Großes Interesse dürfte deshalb der neu aufgenommene Abschnitt über die Normung in der Elektrotechnik erwecken.

Wegen der grundsätzlichen Bedeutung der Schaltzeichen und Schaltbilder für die Darstellung elektrischer Anlagen ist auf die in Neubearbeitung befindlichen Normblätter DIN VDE 709 bis 719 ausführlich eingegangen. Einige Tafeln geben über die bestehenden Normen für Halbzeuge aus Metall und Isolierstoff Auskunft. Bei den Isolierstoffen ist auch auf die entsprechenden Leitsätze und Prüfvorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker hingewiesen. Eine Reihe von Beispielen für die Kurzzeichen der Schutzarten elektrischer Maschinen geben über ihre Bedeutung Aufschluß. Die Normen für Rundfunkgerät, Maschinen, Kabelgarnituren, Isolatoren, Installationsmaterial usw. sind in weiteren übersichtlichen Tafeln aufgeführt.

Im letzten Teil des Buches sind Bedeutung und Inhalt der Normen für das Bauwesen und die Textilwirtschaft dargestellt. Allgemein sind dem Buche zahlreiche Zeichnungen und Tafeln in übersichtlicher Form und klarem Druck eingegliedert. In allen Normenfragen ist es als Ratgeber für den Techniker und Kaufmann und als Unterrichtsfaktor in den Werk- und Fachschulen schlechthin unentbehrlich. E. Steppin.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. R. Heinrich VDE, Frankfurt a. M., Myliusstr. 9.
Dipl.-Ing. W. Knaack, Mannheim, Dürkheimer Straße 78.
Reichsbahnbauassessor Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE, Berlin-Siemensstadt, Goebelstr. 117.
Dr. E. Metschl VDE, Berlin-Tempelhof, Kaiserin Augusta-Str. 24 a.
Reichsbahndirektionspräsident Dr.-Ing. K. Remy, Köln, Kaiser-Friedrich-Ufer 7.

Abschluß des Heftes: 5. Januar 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
60. Jahrgang Berlin, 19. Januar 1939 Heft 3

Ersatz von Kurventafeln durch Leitertafeln.

(Aus dem Institut für Praktische Mathematik der T. H. Darmstadt.)

Von A. Walther, H.-J. Dreyer und H. Schüßler, Darmstadt.

DK 518.3 : 621.3

Übersicht. Zur zeichnerischen Darstellung von Zusammenhängen zwischen drei Veränderlichen sind Kurventafeln allgemein bekannt. Für Rechenzwecke bieten ihnen gegenüber die Leitertafeln Vorteile. Nach Kennzeichnung beider Arten graphischer Hilfsmittel wird erläutert, wie man auf zeichnerischem Wege Kurventafeln in Leitertafeln überführen kann. Bei Geradentafeln gelingt das immer ohne Schwierigkeit. Tafeln mit echten Kurven müssen zunächst — wenn möglich — durch „Verstreckung" in Geradentafeln verwandelt werden. Mehrere elektrotechnische Beispiele beleuchten die Anwendbarkeit.

Um ein anschauliches Bild des Zusammenhanges zweier voneinander abhängiger veränderlicher Größen zu erhalten, die z. B. durch Messungen gewonnen sein können, benutzt man üblicherweise die Kurvendarstellung: der Verlauf der einen Größe in Abhängigkeit von der anderen wird in einem rechtwinkligen Koordinatensystem als Kurve aufgezeichnet. Soll die Abhängigkeit von einer dritten Veränderlichen berücksichtigt werden, so zeichnet man die Kurve mehrmals mit herausgegriffenen Werten der dritten Veränderlichen als „Parameter". Es entsteht eine Kurvenschar im Koordinatensystem: eine Kurventafel, welche den Zusammenhang zwischen drei Größen wiedergibt.

I_a Anodenstrom U_a Anodenspannung U_g Gitterspannung
links: U_g I_a-Kennlinien für konstante U_a
rechts: U_a I_a-Kennlinien für konstante U_g

Abb. 1. Kennlinienscharen einer Elektronenröhre.

Als Beispiel sei auf die Kennlinienschar einer Elektronenröhre hingewiesen, bei welcher in der Regel die Abhängigkeit des Anodenstromes I_a von der Gitterspannung U_g bei verschiedenen Anodenspannungen U_a (als Parameter) dargestellt wird, also $I_a = f(U_g)_{U_a = \text{konst}}$ (Abb. 1, links).

Welche der drei aufgetragenen Größen als Veränderliche der Koordinatenachsen und welche als Parameter gewählt werden, ist grundsätzlich gleichgültig; bekanntlich trägt man für die Elektronenröhre häufig auch die Abhängigkeit des Anodenstromes I_a von der Anodenspannung U_a auf mit der Gitterspannung U_g als Parameter, also $I_a = f(U_a)_{U_g = \text{konst}}$ (Abb. 1, rechts).

Abb. 2. Kurventafel.
Leistung N aus Spannung U und Stromstärke I.
Beispiel: U = 110 V, I = 3 A; N = 330 W.

Kurventafeln der beschriebenen Art dienen zunächst Veranschaulichungszwecken, werden aber vielfach auch dazu benutzt, um häufig vorkommende nach demselben Rechenschema verlaufende Zahlenrechnungen auf bequeme Weise zu erledigen. Man liest zu zwei gegebenen Zahlenwerten x und y den zu berechnenden dritten z aus der Kurvenschar der Tafel ab (Abb. 2). Nachteilig ist hierbei, daß einerseits die Herstellung der Kurventafel bei einiger Genauigkeit viel Zeichenarbeit erfordert, die sich nur bei häufigem Gebrauch lohnt, und daß anderseits das Ablesen in der Kurvenschar unbequeme

Abb. 3. Leitertafel.
Dieselbe physikalische Beziehung wie in Abb. 2.

Interpolation bedingt zwischen Kurven, deren Bezifferung von der gerade betrachteten Stelle aus durch Verfolgen mit den Augen gesucht werden muß.

wickelt ist, so daß der Umweg über die Kurventafel — insbesondere wenn sie schon vorliegt — die geringere Mühe verursacht.

Beispiel I: Umwandlung einer Geradentafel mit parallelen Geraden in eine Leitertafel mit drei parallelen Leitern.

Abb. 4. Geradentafel. Scheinwiderstand Z aus Blindwiderstand X und Wirkwiderstand R.

Abb. 5. Bestimmungskreuz aus den beiden Punkten O in Abb. 4 für die Lage der Z-Leiter. Unterteilung der Z-Leiter durch Linien — — — zu Wertepaaren X, R aus Abb. 4.

Abb. 6. Leitertafel.

Für reine Rechenzwecke eignet sich besser die Leitertafel (das Nomogramm). Die drei Rechengrößen x, y, z erscheinen je in einer geeignet unterteilten „Leiter“ (Skala). Zusammengehörige Zahlenwerte werden durch eine „Ablesegerade“ verbunden; die Verbindungslinie der gegebenen Werte x und y schneidet also auf der dritten Leiter die gesuchte Größe z ein (Abb. 3). Die Ablesegenauigkeit entspricht bei sorgfältiger Ausführung mindestens der des Rechenschiebers und ist meist größer als die der entsprechenden Kurventafel. Die Handhabung aber ist wegen der Übersichtlichkeit wesentlich bequemer.

Man wird daher in vielen Fällen mit Vorteil statt einer Kurventafel eine Leitertafel verwenden. Ist der formelmäßige Zusammenhang der in der Kurventafel dargestellten Größen gegeben, so kann man die Leitertafel nach den Regeln der Nomographie[1]) meist unmittelbar herstellen. Andernfalls muß die Kurventafel auf zeichnerischem Wege in eine Leitertafel verwandelt werden[2]). Man wird auf diese zeichnerischen Verfahren auch dann zurückgreifen, wenn der formelmäßige Zusammenhang für die unmittelbare Herstellung der Leitertafel sehr ver-

Die Verfahren zur Umwandlung von Kurventafeln in Leitertafeln sollen hier an Hand einiger Beispiele kurz dargelegt werden.

Abb. 7. Geradentafel zu Beispiel II (vgl. Abb. 8).

Geradentafeln.

Besteht die Kurvenschar der Kurventafel aus Geraden, so ist die Umwandlung zur Leitertafel recht einfach und in allen Fällen durchführbar. Die Teilungen der Kurventafelachsen (x- und y-Achse) werden unmittelbar als Teilungen für zwei Leitern übernommen. Lage und Teilung

[1]) Vgl. z. B. H. Schwerdt, Einführung in die praktische Nomographie, Otto Salle, Berlin 1927; P. Luckey, Einführung in die Nomographie, Nomographie, 2. Aufl., B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1925 und 1927; H. Schwerdt, W. Gütschow, I. Runge, F. Wolf, Graphisches Rechnen, RKW-Veröff. 23 (AWF 222), Beuth-Verlag Berlin 1928; M. Pirani, I. Runge, Graphische Darstellung in Wissenschaft und Technik, Sammlung Göschen 728, 2. Aufl., W. de Gruyter, Berlin und Leipzig 1931.

[2]) Vgl. A. Walther, Verwandlung von Kurventafeln in Leitertafeln, Z. VDI 81 (1937) S. 1137.

der dritten Leiter hängen von der Lage und der gegenseitigen Stellung der z-Geraden ab.

Eine Tafel mit parallelen Geraden liefert bei der Umwandlung eine Leitertafel mit drei parallelen

Beispiel II: Umwandlung einer Tafel mit zwei Scharen paralleler Geraden in eine Leitertafel mit Zapfenlinie.

Dämpfungsdekrement ϑ von Spulen und Schwingungskreisen aus Wellenlänge λ, Kapazität C und Widerstand R_i.

Beispiel: λ = 140 m, C = 76 cm, R_i = 230 kΩ; ϑ = 0,012.

Abb. 8. Leitertafel (vgl. Abb. 7).

Leitern, wenn man, wie üblich (aber nicht notwendig), die den Achsenteilungen entsprechenden x- und y-Leitern einander parallel legt. Wählt man diese bei fallenden

Abb. 11. Verstrecken zweier Kurven aus Abb. 2 in zwei Geraden durch Verzerren beider Achsenteilungen mit Hilfe einer zwischengeschalteten Treppe und zweier Verzerrungskurven.

z-Geraden gleichsinnig, bei steigenden z-Geraden gegensinnig, so liegt die (parallele) z-Leiter zwischen den beiden anderen. Beispiel I in Abb. 4, 5, 6 zeigt die Umwandlung einer solchen Tafel mit fallenden Geraden, die zur Berechnung des Scheinwiderstandes Z aus Blindwiderstand X und Wirkwiderstand R dient. Die Teilungen von

Abb. 9. Geradentafel mit Geraden durch einen Punkt. Umzeichnung der Kurventafel Abb. 2. Zugeordnete Leitertafel: Abb. 3.

Abb. 10. Tafel mit echten Kurven. Durch quadratische Achsenteilungen entsteht hieraus die Geradentafel Abb. 4.

X und R aus Abb. 4 sind in Abb. 5 übernommen und gleichsinnig aufgetragen. Ein „Bestimmungskreuz" gibt die Lage der mittleren Leiter: zu einer der Z-Geraden aus

Abb. 12. Gesamtverstreckung der Kurventafel Abb. 2.

Abb. 4, z. B. $Z = 100$, entnimmt man zwei Wertepaare X, R ($X_1 = 0$, $R_1 = 100$ und $X_2 = 100$, $R_2 = 0$) und trägt die entsprechenden Ableselinien in die Leitertafel Abb. 5 ein;

ihr Schnitt liefert den zugehörigen Z-Punkt ($Z = 100$) und legt die Z-Leiter fest. Die Unterteilung der Z-Leiter erfolgt nach dem gleichen Verfahren, daß jedem Punkte der Geradentafel eine Gerade der Leitertafel zugeordnet ist und umgekehrt. Man wählt zu jeder Z-Geraden in Abb. 4, z. B. $Z = 120$, ein Wertepaar X, R, z. B. $X = 100$, $R = 66$, und zeichnet die zugehörige Ableselinie X—R in Abb. 5 ein; sie schneidet den zur Z-Geraden zugeordneten Punkt auf der Z-Leiter ein.

Tangenslängsfaktor r_L

Kupferleitungen

Aluminiumleitungen

Tangensquerfaktor r_Q

Kupferleitungen

Aluminiumleitungen

Abb. 13. Kurventafeln.

Beispiel III (Abb. 13, 14, 15): Umwandlung einer mehrfachen Kurventafel in eine zusammengesetzte Leitertafel. Bestimmung der Tangensfaktoren zur Berechnung des Spannungsabfalls an Drehstromleitungen.

In Beispiel II ist eine Geradentafel[3]) umgewandelt, die zur Bestimmung des Dämpfungsdekrements ϑ von Spulen und Schwingungskreisen aus den drei gemessenen Größen Wellenlänge λ, Kapazität C und Widerstand R_i nach der Formel $\vartheta = \frac{1{,}5\,\lambda}{C\,R_i}$ dient. Für die Umrechnung der vier Größen λ, C, R_i, ϑ ineinander enthält Abb. 7 zwei Scharen von parallelen λ-Geraden und parallelen R_i-Geraden. Aus Werten λ und C, z. B. $\lambda = 140$ m, $C = 76$ cm, gewinnt man das Zwischenergebnis λ/C, dessen Teilung man sich auf der senkrechten Achse denken muß. Aus λ/C und R_i (z. B. $R_i = 230$ kΩ) schließt man weiter auf das Gesamtergebnis $\frac{\lambda}{C} \cdot \frac{1{,}5}{R_i} = \vartheta = 0{,}012$. Es liegen also zwei ineinandergeschaltete Geradentafeln vor, welche über das Zwischenergebnis λ/C zusammenhängen. Entsprechend entstehen durch Umwandlung die zwei ineinandergeschalteten Leitertafeln der Abb. 8. Das Zwischenergebnis λ/C aus den beiden außen angebrachten Leiterteilungen für λ und C erscheint hier auf einer „Zapfenlinie", d. h. einer unbezifferten Leiter. Aus λ/C und der innen liegenden Teilung R_i ergibt sich ϑ. Der Vorteil der Leitertafel gegenüber der Geradentafel ist augenfällig: statt eines verwirrenden dichten Netzes von Linien in logarithmischem Abstand erhält man zwei Leitern mit je zwei logarithmischen Teilungen und eine unbezifferte Zapfenlinie.

Die Umwandlung einer Tafel mit Geraden durch einen Punkt führt zu einer Leitertafel mit schräger Innenleiter (N-Nomogramm). So ist zur Geradentafel Abb. 9 die Leitertafel Abb. 3 zugeordnet. Die Teilungen der Außenleitern werden gegensinnig angeordnet. Die Innenleiter verbindet diejenigen Werte der Außenleitern, die in der Geradentafel als Koordinaten des gemeinsamen Schnittpunktes der Geraden auftreten. Sie ist hiernach unmittelbar zu konstruieren, wenn der erwähnte Schnittpunkt im gezeichneten Bereich der Geradentafel enthalten ist wie der Punkt 0,0 in Abb. 9. Andernfalls muß man die Lage der Innenleiter ähnlich wie in Beispiel I durch zwei Bestimmungskreuze festlegen. Auch die Unterteilung der Innenleiter geschieht hier wie in Beispiel I durch Wertepaare und Ableselinien.

Eine Tafel mit beliebigen Geraden verlangt zur Umwandlung etwas mehr Zeichenarbeit, da hier die dritte Leiter der zugehörigen Leitertafel nicht mehr

[3]) Geradentafel entnommen aus: A. Peetz, Ein Dämpfungsmesser als Betriebsmeßgerät. Funk (1937) S. 583.

geradlinig ist und demgemäß punktweise konstruiert werden muß. Das geschieht für jeden Punkt durch ein Bestimmungskreuz; die Arbeit ist nur knapp doppelt so groß wie in den beiden anderen Fällen, wo für jeden Punkt eine Ablesegerade benötigt wurde. Praktisch kommt dieser Fall einer Tafel mit beliebigen Geraden weit seltener vor als die beiden vorher besprochenen Sonderfälle. Ein Beispiel wird später im Rahmen von Beispiel III behandelt (wobei allerdings die krumme Leiter fast geradlinig wird).

Abb. 14. Verstreckung von Teiltafeln aus Abb. 13.

Tafeln mit echten Kurven.

Während Geradentafeln durchweg in Leitertafeln verwandelt werden können, trifft dies bei Tafeln mit echten Kurven nicht immer zu. Die Umwandlung gelingt dann, wenn es durch Verzerren der Achsenteilungen möglich ist, die Kurventafel in eine Geradentafel zu verstrecken. So kann man sich für Abb. 4 vorstellen, daß die quadratischen Teilungen der Achsen durch Verzerren aus linearen hervorgegangen sein mögen und daß die Kurventafel ursprünglich so wie in Abb. 10 ausgesehen haben mag.

Bei einfachen Zusammenhängen genügt oft schon die Verzerrung einer Achsenteilung, um Geraden zu erhalten, z. B. wenn die Kurven Logarithmen- oder Exponentialkurven sind, welche bekanntlich auf einfach-logarithmischem Papier (eine Achsenteilung gleichmäßig, die andere logarithmisch) geradlinig aufgetragen werden können. In anderen Fällen muß man zur Verzerrung beider Achsenteilungen greifen; so führt, wie am doppelt-logarithmischen Papier ersichtlich, bei Potenzkurven mit beliebigen Exponenten logarithmische Verzerrung beider Achsenteilungen zum Ziel (vgl. Abb. 12).

Bei einiger Übung kann man dem Verlauf der Kurvenschar ansehen, ob zur Verstreckung in Geraden Verzerrung einer Achsenteilung genügen wird oder ob man beide Achsenteilungen verzerren muß oder ob schließlich die Verstreckung ohne weiteres überhaupt nicht möglich ist. Stellt sich der letzte Fall heraus, so versucht man eine andersartige Aufzeichnung der Kurventafel, bei der eine der bisherigen Achsenveränderlichen als Parameter gewählt wird, der bisherige Parameter als Achsenveränderliche (vgl. die beiden Kennlinienscharen von Elektronenröhren Abb. 1, ferner Abb. 2 und Abb. 9). Wenn beispielsweise die drei Größen x, y, z nach der Formel

$$y = g\,(x) \cdot z + h\,(x)$$

miteinander zusammenhängen, so können im xy-Koordinatensystem bei verwickelten Funktionen $g(x)$ und $h(x)$ die Kurven für y in Abhängigkeit von x mit konstantem z eine unregelmäßige Kurvenschar liefern, die nicht ver-

Abb. 15. Leitertafel zu Beispiel III (vgl. Abb. 13).
Beispiel: Kupferleitung mit a = 1 m, q = 185 mm² bei einer Belastung mit cos φ = 0,95 kap.: $\tau_L = -0{,}1$; τ_Q = 3,6.

streckbar ist. Hingegen sind im zy-Koordinatensystem die Kurven für y in Abhängigkeit von z bei konstantem x offensichtlich sogar ohne Verstreckung Geraden vom Steigungsmaß $g(x)$ und y-Achsenabschnitt $h(x)$. Entsprechendes gilt, wenn in der obigen Formel statt y und z selbst beliebige Funktionen von ihnen stehen; dann sind nur geeignete Achsenteilungen von y und z zu wählen. Dieses Beispiel mit einem besonderen Zusammenhang zwischen x, y, z zeigt, daß auch in Fällen, die nach dem Anblick der Kurvenschar zunächst hoffnungslos erscheinen, noch Verstreckungsmöglichkeiten bestehen.

Verstreckung von Kurventafeln.

Das brauchbarste Verfahren[4]) zur Verstreckung von Kurventafeln gründet sich darauf, daß zwei Kurven einer Kurvenschar durch Verzerren beider Achsenteilungen immer in gerade Linien verstreckt werden können (Abb. 11) und daß dabei in vielen praktisch wichtigen Fällen auch die übrigen Kurven geradlinig werden. Man greift aus der Kurvenschar, z. B. aus den Kurven $N =$ konst im UI-System der Abb. 2, zwei nicht zu weit voneinander liegende Kurven heraus, etwa die Kurven $N = 100$ und $N = 200$ (Abb. 11, rechts oben). In ein vorläufig unbeziffertes $\overline{U}\overline{I}$-Koordinatensystem für die geplante Geradentafel (Abb. 11, links unten) trägt man zwei an sich völlig beliebige Geraden ein, die den ausgewählten Kurven entsprechen sollen. Wenn die Geradentafel etwa dieselben Zahlenbereiche wiedergeben soll wie die Kurventafel, legt man die beiden Geraden im großen ähnlich wie die Kurven; andernfalls werden Bereiche abgeschnitten oder hervorgehoben. Von beliebigen Ausgangspunkten A und $\overline{A}$ aus legt man zwischen die Kurven und zwischen die Geraden je eine „Treppe", deren Stufen gleiche (im allgemeinen unrunde) Zahlenwerte U und $\overline{U}$, I und $\overline{I}$ einander zuordnen sollen. Schnitte einer waagerechten Linie der einen Treppe mit einer senkrechten der anderen liefern Punkte der „Verzerrungskurven" $(U \rightarrow \overline{U})$ und $(I \rightarrow \overline{I})$. Die Verzerrungskurven werden eingezeichnet und dienen dazu, runde Zahlenwerte für die $\overline{U}$- und $\overline{I}$-Teilungen aus denen der U- und I-Teilungen zu gewinnen, überhaupt die gesamten $\overline{U}$- und $\overline{I}$-Teilungen herzustellen. Werden mit den ersten beiden Treppen nicht die ganzen Teilungen erfaßt, so kann man jetzt von zahlenmäßig zusammengehörigen Anfangspunkten aus neue Treppen einzeichnen.

In Abb. 11, wo die beiden aus Abb. 2 entnommenen N-Kurven Hyperbeln sind, erweisen sich die Verzerrungskurven als logarithmische Linien: das $\overline{U}\overline{I}$-System ist also hier doppelt-logarithmisch; das Verfahren eröffnet demnach nebenbei einen anschaulichen Zugang zum Logarithmenpapier. Wie erstrebt, werden auch die übrigen Hyperbeln der Abb. 2 zu (parallelen) Geraden (Abb. 12). Die Umwandlung der Geradentafel in eine Leitertafel nach der früher gegebenen Vorschrift (S. 66 bis 68) bereitet keine Schwierigkeiten.

Beispiel für die Umwandlung einer mehrfachen Kurventafel.

Zum Abschluß soll ein Umwandlungsbeispiel III angeführt werden, bei dem aus vier doppelten Kurventafeln (Abb. 13) eine einzige Leitertafel (Abb. 15) entsteht, die trotz den vielen damit gegebenen Berechnungsmöglichkeiten durchaus übersichtlich und verständlich bleibt. Die Kurventafeln sind einem Aufsatze von Kohler[5]) entnommen. Sie werden zur Berechnung des Spannungsabfalls an Drehstromleitungen benutzt, wobei die Größen

$$\tau_L = 1 + \frac{\omega L_0}{R_0} \operatorname{tg} \varphi \quad \text{(Tangens-Längsfaktor)}$$

$$\tau_Q = \frac{\omega L_0}{R_0} - \operatorname{tg} \varphi \quad \text{(Tangens-Querfaktor)}$$

(ω Kreisfrequenz, L_0 Selbstinduktivität der Leitung je km, R_0 Wirkwiderstand der Leitung je km, φ Phasenwinkel) benötigt werden. Zur Berechnung jeder der beiden Größen τ_L und τ_Q dient je eine doppelte Kurventafel (Abb. 13). In der unteren Teiltafel wird jeweils — in gleicher Weise für τ_L und τ_Q — aus dem Seilabstand a und dem Seilquerschnitt q das Verhältnis $\frac{\omega L_0}{R_0}$ bestimmt. Die obere Teiltafel liefert daraus mit einer Geradenschar τ_L bzw. τ_Q. Zwei solcher Doppeltafeln sind für Kupferleitungen bestimmt, zwei weitere, bei denen nur die unteren Teiltafeln anders sind, für Aluminiumleitungen. Eine Zusammenfassung dieser vier Doppeltafeln wäre natürlich möglich, würde aber eine unübersichtliche und unverständliche Kurventafel ergeben, deren Benutzung wesentlich schwieriger wäre als die der Einzeltafeln. Die Leitertafel (Abb. 15) zeigt dagegen einen klaren Zusammenbau aus zwei durch Zapfenlinie verbundenen Nomogrammen.

Die Verstreckung der Kurventafeln zur Bestimmung von $\frac{\omega L_0}{R_0}$ aus a und q gelingt durch logarithmische Verzerrung der senkrechten a-Teilung und liefert eine Geradentafel, deren Geraden sich nicht in einem Punkt schneiden (Abb. 14). Die zugeordnete Leitertafel erhält also eine krummlinige q-Innenleiter, die punktweise konstruiert werden muß, sich allerdings praktisch als fast geradlinig erweist. Die Kurventafel für Kupferleitungen und die für Aluminiumleitungen führen zur gleichen Innenleiter, nur mit anderer Bezifferung. Es gelingt also, beide Leitertafeln zu einer einzigen zusammenzufassen, deren Ergebnisleiter mit den Größen $\frac{\omega L_0}{R_0}$ unbeziffert bleiben kann, da sie als Zapfenlinie den Eingang in eine zweite Leitertafel bildet, in der man über φ endgültig zu τ fortschreitet.

Die Geradentafel zur Berechnung von τ_Q aus $\frac{\omega L_0}{R_0}$ und φ enthält parallele nach $\cos \varphi$ bezifferte Geraden, während in der für τ_L die $\cos \varphi$-Geraden durch einen Punkt ($\tau_L = 1$, $\frac{\omega L_0}{R_0} = 0$) gehen. Man erhält also im ersten Fall eine parallele, im zweiten Fall eine schräge Innenleiter für $\cos \varphi$. Die τ-Ergebnisleiter kann für beide Fälle die gleiche sein; geht man von dem im ersten Leitertafelteil erhaltenen (unbezifferten) $\frac{\omega L_0}{R_0}$-Punkt über die schräge Innenleiter zur τ-Leiter, so erhält man dort τ_L, hingegen τ_Q, wenn man über die parallele Innenleiter geht.

Zusammenfassung.

An Hand von Beispielen, so für die Bestimmung der Dämpfung von Spulen und Schwingungskreisen und für die Berechnung von Drehstromfreileitungen, wird der zeichnerische Übergang von den meist üblichen Kurventafeln für die Darstellung des Zusammenhangs zwischen drei und mehr Veränderlichen zu den oft vorteilhafteren Leitertafeln auseinandergesetzt.

---

[4]) Siehe Fußnote 2

[5]) K. Kohler, Graphische Hilfsmittel zur Spannungsberechnung bei Drehstrom-Freileitungen. ETZ 58 (1937) S. 1051.

Das Verhalten von Kappenisolatoren unter mechanischer Belastung.

(Mitteilung aus den Arbeiten der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen e. V.)

Von W. Furkert VDE, Dresden.

DK 621.317.374 : 621.315.624.4.001.5

Übersicht. Ein Meßverfahren wird beschrieben, welches durch fortlaufende Beobachtung der dielektrischen Kenngrößen des Isolators — Kapazität und Verlustfaktor — während des Belastungsversuches gestattet, den Zeitpunkt und die Belastungshöhe bei beginnendem Einriß des Porzellans festzuhalten. Die so ermittelten Zerstörungen sind so klein, daß die betreffenden Versuchsstücke noch erhebliche Wechselspannungsbeanspruchungen über längere Dauer aushielten. Das Verfahren erscheint zur Festlegung von Dauerlastkurven für Kappenisolatoren geeignet.

Die Beurteilung von Kappenisolatoren während der mechanischen Prüfung bietet insofern Schwierigkeiten, als sich die am stärksten belasteten Teile des Porzellans im Kopf des Isolators unter der Eisenkappe befinden und die optische Beobachtung des Zerstörungsvorganges dadurch nicht möglich ist. Es ist eine bekannte Tatsache, daß bereits vor dem Vollbruch des Isolators Risse im Porzellan auftreten, die ihn in bezug auf seine Isolierfähigkeit wertlos machen, die aber noch nicht den Zerfall der gesamten Isolatorkonstruktion bedingen. Es ist aus diesem Grunde daher nicht zu vermeiden, zum Feststellen der beginnenden Zerstörung ein mittelbares Verfahren anzuwenden. Bisher ist dazu ausschließlich eine Spannungsprobe mit Wechselspannung oder Stoßspannung gebraucht worden. Dadurch, daß bei gleichzeitiger mechanischer und elektrischer Prüfung der Isolator bereits vor dem Vollbruch durchschlug, wurde der Bruch des Porzellans im Isolatorkopf angezeigt. Diesem Verfahren haftet insofern eine gewisse Unzulänglichkeit an, als es nichts über den Beginn der Zerstörung aussagt. Es wird lediglich festgestellt, daß die Zerstörung soweit fortgeschritten war, daß die zur Prüfung angewendete Spannung nicht mehr isoliert werden konnte und der Durchschlag eintrat. Dies ist mit Bezugnahme auf die noch folgenden Versuchsergebnisse bemerkenswert, weil sich dabei ergeben hat, daß eingerissene Isolatoren teilweise noch recht hohe Spannungen längere Zeit isolieren können. Außerdem wird der Durchschlag noch zusätzliche Wirkungen im Isolatorkopf hervorrufen, die es dann nicht mehr gestatten, ihn später in dem Augenblick vor dem Durchschlag zu betrachten.

a Eisenjoch
b Zwischenisolator
c Versuchsisolator
d Belastungsgewichte
e einarmiger Hebel
f Ständer zum Joch

Abb. 1a. Belastungsanordnung.

C_1 Zylinderkondensator 50 cm
C_2 Versuchsisolator
R_1, R_2 Meßwiderstände
G Schwinggalvanometer

Abb. 1b. Schaltbild der Meßbrücke.

Abb. 2. Verhalten eines Kappenisolators, der durch die Belastung nicht beschädigt wurde (keine Kapazitätsänderung). Aufgenommen mit dem Schwinggalvanometer.

Die im folgenden beschriebenen Versuche zeigen einen neuen Weg, um unter Vermeidung der oben beschriebenen Mängel die ersten Zerstörungserscheinungen im unter mechanischer Last befindlichen Isolator festzustellen. Das Meßverfahren beruht im wesentlichen darin, daß während der mechanischen Belastungsprobe das Dielektrikum des Isolators durch Messung seiner Kenngrößen — Kapazität und Verlustfaktor — fortlaufend unter Zug beobachtet wird. Ein Einriß im Porzellan stellt eine Veränderung des Dielektrikums dar, die sich messen läßt, wie sich aus den Versuchen ergeben hat. Vorteilhaft ist bei diesem Verfahren außerdem, daß mit Spannungen gemessen wird, die zwischen 10 und 20 kV liegen, also für den Isolator unschädlich sind. Bei den Versuchen wurde zum Messen von Kapazität und Verlustfaktor eine Scheringbrücke in der gewohnten Schaltung verwendet (Abb. 1b). Als Anzeigegerät wurde entweder ein Schwinggalvanometer oder ein

Abb. 3. Verhalten eines Kappenisolators, der durch die Belastung nicht beschädigt wurde (keine Kapazitätsänderung). Aufgenommen mit selbsttätigem Schreiber.

schreibendes Meßgerät[1]) verwendet. Die Brücke war auf dieses oder jenes Gerät umschaltbar. Das schreibende Meßgerät bewährte sich für die Versuche deshalb gut, weil bei auftretenden Veränderungen von Kapazität und Verlustfaktor dieselben verfolgt werden konnten, während beim Schwinggalvanometer die Brücke jedesmal neu abgeglichen werden mußte, was bei einer ständig fortschreitenden Änderung schwierig ist. Bei den Versuchen wurde der Oberflächenstrom nicht abgefangen, ein Vergleich ergab, daß dies praktisch ohne Einfluß auf die Genauigkeit der Messung war.

Abb. 4. Verhalten eines Kappenisolators, der bei der Belastungssteigerung beschädigt wurde. (Plötzlicher Kapazitätsänderung, Durchschlag bei der anschließenden Spannungsprüfung.) Aufgenommen mit Schwinggalvanometer.

Abb. 5. Verhalten eines Kappenisolators, der bei der Belastungssteigerung beschädigt wurde. (Plötzliche Kapazitätsänderung, Entladespuren beim Öffnen nach Bild 6.) Aufgenommen mit selbsttätigem Schreiber.

Messungen.

Aufgenommen wurden Verlustfaktor und Kapazität an Kappenisolatoren K_3 in Abhängigkeit teils von der Belastung, teils von der Zeit bei gleichbleibender Belastung. Die nachfolgenden Abbildungen stellen einen Ausschnitt aus den Versuchsergebnissen dar. Untersucht wurden Isolatoren mit kittloser Bolzenbefestigung. In den Abb. 2, 3, 4, 5, 7 und 8 ist über der Versuchsdauer in min die Belastung P in bezogenen Werten sowie die Vergrößerung der Kapazität ΔC in Prozenten der Ausgangskapazität eingetragen. Außerdem ist die Höhe der Wechselspannung U bei der Messung des Verlustfaktors und bei der nachfolgenden Wechselspannungsprüfung angegeben.

Abb. 8. Verhalten eines Kappenisolators, der bei Erreichen der vorgesehenen Belastung beschädigt wurde. (Plötzliche Kapazitätsänderung, Bruchfläche in Abb. 9.) Der Isolator hielt einer 20-minutigen Wechselspannungsprüfung mit 95 % der Überschlagspannung stand. Aufgenommen mit selbsttätigem Schreiber.

[1]) W. Geyger, Arch. techn. Messen (1936) S. 924 und Arch. Elektrotechn. 31 (1937) H. 2, S. 115.

Die Abhängigkeit beider Größen — Verlustfaktor und Kapazität — von der Belastung und bei gleichbleibender Belastung von der Zeit zeigen die Abb. 2 und 3 für unbeschädigte Isolatoren. Die Abb. 2 ist unter Verwendung des Schwinggalvanometers, Abb. 3 mit dem selbsttätigen Schreiber aufgenommen. Die Abbildungen zeigen, daß weder die Höhe der Belastung noch die Zeit der Belastung an gesunden Isolatoren eine Veränderung von Kapazität und Verlustfaktor hervorruft. Bei der nachträglichen Spannungsprüfung der Isolatoren, die während des Belastungsversuches Änderungen von Kapazität und Verlustfaktor nicht gezeigt haben, ergaben sich keine Ausfälle.

Abb. 6. Entladespuren im Kopf des Isolators nach Abb. 5. Die Entladespuren befinden sich in der Bruchfläche.

Abb. 4 und 5 bringen zwei Fälle, in denen während der Belastungssteigerung sprunghafte Kapazitätsänderungen eintraten. Abb. 4 ist mit Schwinggalvanometer, Abb. 5 mit selbsttätigem Schreiber aufgenommen. Durch die Notwendigkeit der punktweisen Abgleichung bei der Messung mit dem Schwinggalvanometer ergab sich für die Kapazitäts- und Verlustfaktoränderungen eine treppenförmige Aufzeichnung wie in Abb. 4. Die nachträgliche Spannungsprobe am Isolator nach Abb. 4 mit der dort angegebenen Spannungssteigerung ergab Durchschlag bei 66 kV nach 4 min. Der Isolator nach Abb. 5, welcher ebenfalls eine gut meßbare Vergrößerung seiner Kapazität während des Versuches gezeigt hatte, wurde geöffnet und zeigte Entladespuren (Abb. 6) über die ganze Scherbenbreite.

Abb. 7. Verhalten eines Kappenisolators, der bei ruhender Belastung nach rd. 16 min beschädigt wurde. (Plötzliche Kapazitätsänderung, Durchschlag bei der anschließenden Spannungsprüfung.) Aufgenommen mit selbsttätigem Schreiber.

Die gleichen Erscheinungen der Kapazitäts- und Verlustfaktoränderung treten bei gleichbleibender Belastung auf. So ist z. B. bei einem Isolator nach Erreichen der vorgesehenen Belastung nach 16 min plötzlich eine Kapa-

zitätsvergrößerung um rd. 6 % eingetreten, wie Abb. 7 erkennen läßt. Bei der nachträglichen Spannungsprüfung schlug der Isolator durch.

Es treten weiter Fälle auf, bei denen zwar Kapazitätsänderungen vorhanden sind, die Isolatoren aber bei der anschließenden Spannungsprüfung mit 95 % der Überschlagspannung auch nicht nach längerer Prüfdauer durchschlugen. In Abb. 8 ist das Verhalten eines solchen Isolators angeführt. Kurz nach Erreichen der vorgesehenen Belastung erhöhte sich die Kapazität um knapp 1 % und blieb dann weiter gleich. Auch bei der anschließenden 20 min dauernden Spannungsprobe bei 70 kV unter Zug trat kein Durchschlag ein. Der Isolator wurde daraufhin in eine alkoholische Fuchsinlösung gelegt und nachher geöffnet. Abb. 9 stellt den geöffneten Isolator dar. Er war fast durch den ganzen Scherben hindurch gerissen. Im Bild rühren die dunklen Flächen in der Bruchebene von dem eingedrungenen Fuchsin her. Obgleich der Isolator fast vollkommen gerissen war, hielt er noch die volle Prüfspannung unter gleichzeitigem mechanischem Zug für längere Zeit aus, ein Zeichen, daß die durch die Kapazitätsänderung festgestellten Haarrisse sehr fein sein müssen, denn sonst hätte der Isolator die hohe Spannung nicht solange aufnehmen können[2]).

Abb. 9. Bruchfläche des Isolators nach Abb. 8, durch Einfärben mit Fuchsinlösung unter Druck sichtbar gemacht.

Zusammenfassung.

Die Versuche haben gezeigt, daß der beginnende Einriß im Kappenisolator eine Veränderung des Dielektrikums darstellt, die sich auf einfache Weise mittels Schering-Brücke feststellen läßt. Gemessen wird dabei Kapazität und Verlustfaktor. Wenn keine Einrisse im Isolator infolge Überschreitung der Festigkeit des Isolators eintreten, ändert sich weder Verlustfaktor noch Kapazität des Isolators mit steigender Belastung. Tritt hingegen eine Überschreitung der Beanspruchungsgrenze des Isolators ein, so daß ein Einriß im Porzellan entsteht, dann vergrößert sich die Kapazität um einen gewissen Betrag, der für die einzelnen untersuchten Fälle verschieden groß war und zwischen 1 und 6 % lag. Der Verlustfaktor hingegen zeigte auch hierbei nur unmerkliche Änderungen, die zur Beurteilung wenig geeignet sind. Das Verfahren gestattet, einen genaueren Einblick in die Vorgänge bei der mechanischen Belastung als bisher zu erhalten, weil auf Grund der eintretenden Kapazitätsänderung der Zeitpunkt und die Belastungshöhe beim beginnenden Bruch genau festgehalten werden können. Außerdem kann die Messung mit Spannungen durchgeführt werden, die in elektrischer Hinsicht für den Isolator ungefährlich sind.

[2]) Es sei besonders bemerkt, daß sämtliche angeführten Isolatoren vor den Versuchen einer zweistündigen Wechselspannungsprüfung mit 95% der Überschlagspannung unterzogen wurden, die Beschädigungen, die zum Durchschlag der einzelnen Isolatoren führten, müssen also während des Versuches eingetreten sein. Die Versuchsergebnisse sind einem Versuch an rd. 100 Kappenisolatoren entnommen. Bei der Durchführung der Versuche wurden nur solche Isolatoren verwendet, die keine Glimmerscheinungen bei der Meßspannung zeigten, um eindeutige Versuchsergebnisse zu erhalten. Von diesen Isolatoren konnten bei voller Ausnützung der zur Verfügung stehenden Belastungsanlage 30% zerstört und als zerstört erkannt werden. Sämtliche dieser Isolatoren schlugen bei der Wechselspannungsprüfung durch oder hatten Risse. Die restlichen Isolatoren zeigten keine Kapazitätsänderungen beim Versuch und schlugen auch bei der Wechselspannungsprüfung nicht durch. Knacken oder Knistern an den Isolatoren bei eintretender Kapazitätsänderung war in sämtlichen außer zwei Fällen nicht wahrnehmbar.

Leistungsbemessung der Fahrmotoren elektrischer Triebfahrzeuge.

Von **Hans Kother VDE**, Berlin.

(Schluß von S. 43.)

DK 621.333.016

Gleichstrom-Schnelltriebwagen.

Es wird ein dreiteiliger, achtachsiger Gleichstrom-Schnelltriebwagen[3]) untersucht, dessen Gesamtgewicht $G \approx 120$ t beträgt, bei 30 t Laufachsgewicht und 90 t Treibachsgewicht. Gesamte Stundenleistung der sechs Fahrmotoren 1000 kW am Treibradumfang; Übersetzungen 3,33 : 1 bis 1,0 : 1 bei $D_T = 0{,}95$ m, $V_{max} = 160$ km/h, $c_h = 0{,}3$ bis 1,0. Der Massenzuschlag beträgt für

$$ü = 3{,}33 \quad 2{,}50 \quad 2{,}00 \quad 1{,}66 \quad 1{,}43 \quad 1{,}25 \quad 1{,}11 \quad 1{,}00$$

$$\varrho_{M+Z} = 0{,}100 \quad 0{,}057 \quad 0{,}036 \quad 0{,}025 \quad 0{,}018 \quad 0{,}014 \quad 0{,}011 \quad 0{,}010$$

$$\varrho_{Ges} = 0{,}160 \quad 0{,}117 \quad 0{,}096 \quad 0{,}085 \quad 0{,}078 \quad 0{,}074 \quad 0{,}071 \quad 0{,}070$$

[3]) ETZ 58 (1937) S. 429; Bianchi, Riv. techn. Ferrov. ital. 50 (1936) S. 335.

Man sieht, daß es nicht statthaft ist, bei stark veränderlicher Übersetzung mit konstantem Massenzuschlag zu rechnen.

Die Klemmenspannung der Fahrmotoren ist 3000/2 V, der Stundenstrom je Motor 125 A, die Stundendrehzahl 900 U/min.

Abb. 4 zeigt die Zugkraft-Geschwindigkeitskennlinien für Übersetzungen von $ü = 3{,}33$ bis 1,00. Wie früher schon ausgeführt wurde, spielt beim Triebwagen die Reibungsgrenze selten eine Rolle, es sei denn, er wäre für Beiwagenbetrieb vorgesehen. Je kleiner die verwendete Übersetzung ist, um so geringer wird bei gleichbleibendem Anfahrstrom die Zugkraft bei niedrigen Geschwindigkeiten; dafür wird sie bei den höheren und höchsten

Zahlentafel 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
$V_a \cdots V_e$ km/h	V_{mittel} km/h	$1 - \frac{V_{mittel}}{V_{max}}$	Z kg	W kg	$Z-W$ kg	b_{mittel} m/s²	$\Delta\Delta t$ s	$\Sigma\Delta\Delta t$ s
0 ... 10	5	0,97	7700	300	7400	0,555	4,85	4,85
10 ... 20	15	0,91	7700	320	7380	0,554	4,55	9,40
20 ... 30	25	0,84	7700	340	7360	0,553	4,20	13,60
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
120 ... 130	125	0,22	3450	1080	2370	0,178	3,45	43,70
130 ... 140	135	0,15	2800	1200	1600	0,120	3,50	47,20
140 ... 150	145	0,09	2250	1310	940	0,070	3,60	50,80
150 ... 160	155	0,03	1300	1470	330	0,025	3,00	53,80

Geschwindigkeiten stark zunehmen. Bei ein- und derselben Stundenleistung der Motoren und unverändertem Kennlinienverlauf sind also vollkommen verschiedenartige Z-V-Kennlinien des Triebfahrzeugs möglich. Wenn der

Abb. 4. Gleichstrom-Schnelltriebwagen. Zugkraft-Geschwindigkeits-Kennlinien für verschiedene Übersetzungen $\ddot{u}$ bei konstanter Motor-Stundenleistung; W Fahrwiderstand.

Schnelltriebwagen auf 160 km/h kommen soll, scheiden die Übersetzungen $\ddot{u} = 3{,}33$, 2,50 und 2,00 aus, da hiermit bei der Fahrwiderstandskurve W nur 115, 133 und 148 km/h erreichbar sind. Welche der Z-V-Kennlinien für $\ddot{u} = 1{,}66$ bis 1,0 fahrplantechnisch die günstigste ist, läßt sich aus dem Verlauf der Zugkraftkennlinien nicht abschätzen. Deshalb werden die Mehrzeiten nach (7) berechnet. Man nimmt die Berechnung zweckmäßig in Tafelform vor. Die meisten Zahlwerte wiederholen sich, und man kann mit einer einzigen Rechenschieberstellung bei Verwendung der Reziprokskala gleich für alle Übersetzungsverhältnisse die Ergebnisse eines Geschwindigkeitssprunges niederschreiben. Zahlentafel 1 gibt einen Auszug wieder, und zwar für die Übersetzung $\ddot{u} = 1{,}66$ bei $V_{max} = 160$ km/h.

In Abb. 5 ist das Ergebnis der Spalte 8 für die verschiedenen untersuchten Fälle dargestellt. Während die Z-V-Kurven in Abb. 4 keine Abschätzung der insgesamt erforderlichen Mehrzeit — nicht einmal der Größenordnung nach — gestatteten, stellt der Flächeninhalt unter den Kurven $\Delta\Delta t = f(V)$ die gesamte Mehrzeit dar, bietet also dem Auge die Möglichkeit des Vergleichs.

Noch aufschlußreichere Auskunft über das Betriebsverhalten gibt jedoch die Darstellung der Werte von Spalte 9 (vgl. Abb. 6).

Zu jeder auf der Strecke zulässigen Höchstgeschwindigkeit V_{max} ergibt sich bei einer Übersetzung $\ddot{u}$ ein Minimum an gesamtem Mehrzeitbedarf. Dieses liegt für

$V_{max} =$	160	140	120	100 km/h
bei $\ddot{u} =$	1,50	1,83	2,10	2,60

Im Gebiet der hohen Fahrgeschwindigkeiten ist die kleinere Übersetzung $\ddot{u} = 1{,}00$ überlegen, jedoch nicht in dem Maße, wie man es nach dem Z-V-Schaubild (Abb. 4) erwartet hätte. Das hängt damit zusammen, daß nach (7b) der Wert der Beschleunigung mit Annäherung an die Endgeschwindigkeit abnimmt.

Wenn man bedenkt, daß ein Schnelltriebwagen für 160 km/h auch sehr viele Strecken zu durchfahren hat, für die nur eine geringere Höchstgeschwindigkeit (140, 120 oder 100 km/h) zugelassen ist, so erkennt man, wie wichtig es ist, nun noch eine allgemein brauchbare Übersetzung zu finden. Würde man diese größer als $\ddot{u} = 1{,}50$ machen, so würde man bei niedriger Spannung im Fahrdraht die Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs von 160 km/h kaum mehr erreichen, weil die $\Sigma\Delta\Delta t$-Kurven bei größerer Übersetzung sehr steil ansteigen; deshalb ist $\ddot{u} < 1{,}50$ zu wählen. Dabei sind dann die Mehrzeiten — auf $V_{max} = 100$ bis 140 km/h bezogen — nur unwesentlich größer als der geringste Mehrzeitbedarf (Größenordnung von 3 bis 8 s je Anfahrt). Man wähle deshalb stets eine Übersetzung von geringerer Größe als beim Optimum. Das ist unbedenklich, da bei kleinerer Übersetzung die Mehrzeitkurven flacher ansteigen und hierbei die Höchstgeschwindigkeit auf alle Fälle erreicht wird.

Angenommen, die so ermittelte geringste Mehrzeit sei noch zu groß, erst dann würde man gezwungen, einen Motor von größerer Leistung vorzusehen. Nun braucht man zunächst noch nicht die ganze Rechnung zu wiederholen, sondern man kann eine Überschlagsrechnung machen.

Abb. 5. Gleichstrom-Schnelltriebwagen. Verlauf der Mehrzeit $\Delta\Delta t$ (s) bei verschiedenen Höchstgeschwindigkeiten V_{max} (km/h) für verschiedene Übersetzungen $\ddot{u} = 3{,}33:1$ bis $1{,}00:1$; Geschwindigkeitssprung $\Delta V = 10$ km/h.

Wenn man einen Motor von 20 % größerer Leistung wählt, so steigt unter sonst gleichen Voraussetzungen die Zugkraft Z ebenfalls um 20 %. Der Fahrwiderstand W bleibt erhalten, die beschleunigende Kraft $(Z - W)$ wird also mindestens um 20 % größer; bei hohen Geschwindigkeiten, wo Z und W nahezu gleich werden, ist

die Steigerung noch beträchtlicher. Die Beschleunigung wird im ganzen Geschwindigkeitsbereich somit in gleicher Weise um mindestens 20 % steigen. Nach (7 a) wird $\Sigma \Delta \Delta t$ also mindestens um den Betrag kleiner, wie die Leistung größer. Reicht dieser Wert aus, so wird die genauere Rechnung mit den „besten" Übersetzungen wiederholt.

Stellt man solche Untersuchungen nicht an, so wird man leicht dazu verleitet, bei einer f a l s c h g e w ä h l t e n Ü b e r s e t z u n g die Mehrzeitverkürzung nur durch L e i s t u n g s s t e i g e r u n g zu erzwingen und damit die Motorleistung auf eine unwirtschaftliche Höhe zu treiben, wie eingangs an dem Beispiel der Gleichstromlokomotive gezeigt wurde.

Abb. 6. Gleichstrom-Schnelltriebwagen. Verlauf der gesamten Mehrzeit $\Sigma \Delta \Delta t$ (s) bei verschiedenen Höchstgeschwindigkeiten V_{max} (km/h) für verschiedene Übersetzungen $\ddot{u}$ = 3,33:1 bis 1,00:1; Geschwindigkeitssprung ΔV = 10 km/h.

Es ist interessant, zu sehen, daß für die italienischen Schnelltriebwagen, deren Daten diesem Beispiel zugrunde liegen, Übersetzungen von 2,0 bis 1,0 vorgesehen sind. Für die hohen Fahrgeschwindigkeiten wird die Übersetzung $\ddot{u} = 1{,}31$ verwendet, d. h. die hier abgeleitete Forderung $\ddot{u} < 1{,}5$ ist erfüllt.

Hat man durch das hier behandelte Verfahren festgestellt, daß der Fahrmotor den verlangten Zugkraft-Geschwindigkeit-Verlauf hergibt, so ist aus den Bedingungen des Fahrplans zunächst die Erwärmung des Motors nach einem der bekannten Verfahren zu überprüfen. Reicht der Motor sowohl in fahrzeittechnischer als auch in thermischer Beziehung aus, so ist zu untersuchen, ob der Stromverbrauch durch Wahl einer anderen, größeren Motortype gesenkt werden kann (verringerte Widerstandsanfahrt, vermehrter Betrieb auf Feldschwächung usw.). Die Mehrkosten der Motoren sind gegen die Stromersparnis abzuwägen.

Die Leistungsbestimmung der Motoren hat also n a c h e i n a n d e r die Bedingungen des Fahrplans, der Motorerwärmung und des Stromverbrauchs zu berücksichtigen.

Wechselstrom-Schnelltriebwagen.

Es wird der gleiche mechanische Teil wie beim Gleichstrom-Schnelltriebwagen zugrunde gelegt. Die Übersetzungen sind größer, da Wechselstrombahnmotoren bei Nennstundenleistung schneller laufen (vgl. Abb. 1 und 2). Es ist $\ddot{u} = 4{,}05$, 3,37, 2,89 und 2,53, berechnet aus $D_T = 0{,}95$ m, $V_{max} = 100$, 120, 140 und 160 km/h für c_k = konstant = 0,7 bei einer Stundendrehzahl von 1575 U/min. Der Massenzuschlag beträgt für

$\ddot{u} = 4{,}05$	3,37	2,89	2,53
$\varrho_{M+Z} = 0{,}172$	0,120	0,088	0,068
$\varrho_{Ges} = 0{,}232$	0,180	0,148	0,128.

Abb. 7 zeigt die Zugkraft-Geschwindigkeitskennlinien des Wechselstrom-Schnelltriebwagens, die im unteren Geschwindigkeitsbereich etwa denen des Gleichstrom-Schnelltriebwagens entsprechen, ihnen im oberen Bereich jedoch bedeutend überlegen sind.

Die Berechnung der Mehrzeiten erfolgt in gleicher Weise wie früher.

Aus Abb. 8 und 9, die den Abb. 5 und 6 entsprechen, geht hervor, daß sich der bedeutende Leistungsüberschuß des Wechselstrom-Schnelltriebwagens nicht in gleichem Maße auf die gesamte Mehrzeit $\Sigma \Delta \Delta t$ auswirkt, wie man aus dem Vergleich der Zugkraftkurven in Abb. 4 und 7 erwarten sollte. Für jeweils günstigste Übersetzung betragen die gesamten Mehrzeiten des

		V_{max} = 160	140	120	100 km/h
Gleichstromwagens	$\Sigma \Delta \Delta t$ =	52	38,5	28,5	19,8 s
Wechselstromwagens	$\Sigma \Delta \Delta t$ =	44	33,5	25,0	17,8 s.

Abb. 7. Wechselstrom-Schnelltriebwagen. Zugkraft-Geschwindigkeits-Kennlinien für verschiedene Übersetzungen $\ddot{u}$ bei konstanter Motor-Stundenleistung; W Fahrwiderstand.

Vergleicht man die Mehrzeiten des Wechselstromtriebwagens für die Übersetzung $\ddot{u} = 2{,}53$ (160 km/h) mit dem ebenfalls für alle Strecken geeigneten Gleichstromtriebwagen ($\ddot{u} = 1{,}31$), so ergeben sich die Mehrzeiten zu:

		V_{max} = 160	140	120	100 km/h
Gleichstromwagen:	$\Sigma \Delta \Delta t$ =	55	46	38	32 s
Wechselstromwagen:	$\Sigma \Delta \Delta t$ =	44	37	31	25 s.

Je größer die tatsächlich ausgefahrene Höchstgeschwindigkeit, desto mehr wirkt sich die Überlegenheit

des Wechselstromwagens aus. Denn die Anfahrten nach einer Geschwindigkeitseinschränkung sind sehr zahlreich im Vergleich zu den Anfahrten aus dem Stillstand auf dem Bahnhof.

Abb. 8. Wechselstrom-Schnelltriebwagen. Verlauf der Mehrzeit $\Delta \Delta t$ (s) bei verschiedenen Höchstgeschwindigkeiten V_{max} (km/h) für verschiedene Übersetzungen $ü$ = 4,05:1 bis 2,53:1; Geschwindigkeitssprung ΔV = 10 km/h.

Aus den geringen Zeitdifferenzen darf man nicht schließen, daß der Gleichstromwagen allgemein nahezu die Fahreigenschaften des Wechselstromwagens erreicht, wie aus dem nächsten Abschnitt hervorgeht.

Auswirkung des Verlaufs der Leistungskennlinien auf verschiedene Zugarten.

Im vorigen Abschnitt hatte sich gezeigt, daß der bedeutende Leistungs- und Beschleunigungsüberschuß des Wechselstromwagens sich bei ausschließlichem Trieb-

Abb. 9. Wechselstrom-Schnelltriebwagen. Verlauf der gesamten Mehrzeit $\Sigma \Delta \Delta t$ (s) bei verschiedenen Höchstgeschwindigkeiten V_{max} (km/h) für verschiedene Übersetzungen $ü$ = 4,05:1 bis 2,53:1; Geschwindigkeitssprung ΔV = 10 km/h.

wagenbetrieb — also ohne zeitweise Mitführung von Beiwagen — nicht in ausschlaggebender Weise auswirkt. Ein ähnliches Verhalten zeigen Bahnen, die stets das gleiche Verhältnis von Trieb- und Beiwagen aufweisen, wie z. B. die Berliner Stadtbahn. Solche Bahnen sind also für Gleich- und Wechselstrom in fahrplantechnischer Hinsicht gleichwertig, so daß man ohne Bedenken die Wahl der Stromart nach anderen Gesichtspunkten vornehmen kann.

Ganz anders wird der Bedarf an Mehrzeit, wenn — wie auf Fernbahnen üblich — dem Verkehrsbedürfnis durch Anhängen von Beiwagen Rechnung getragen wird. Würde man (obschon der hier behandelte Schnelltriebwagen nicht dafür vorgesehen ist) noch zwei Beiwagen befördern, so würde bei $V_{max} = 160$ km/h der Fahrwiderstand etwa auf rd. 2000 kg anwachsen. Für eine Endbeschleunigung von 0,03 m/s^2 oder rd. 3 kg/t ergibt sich ein Zuschlag von $(120 + 70) \cdot 3 \approx 600$ kg, also ist die gesamte erforderliche Zugkraft 2600 kg. Nach Abb. 4 müßte beim Gleichstromtriebwagen hierzu die Übersetzung kleiner als 1,43:1 gewählt werden. Die Anfahrt auf Widerständen würde bis etwa 95 km/h dauern. Der Wechselstromtriebwagen hätte (vgl. Abb. 7) bei 160 km/h eine Beschleunigungszugkraft von 5200 — 2000 = 3200 kg übrig, die einer Endbeschleunigung von rd. 0,18 m/s^2 und einer Mehrzeit von 0,46 s entsprechen. Man könnte an den Wechselstromtriebwagen statt zwei sogar vier Beiwagen anhängen und erhält immer noch die mehr als ausreichende Endbeschleunigung von rd. 0,1 m/s^2 und die geringe Mehrzeit von 0,85 s.

Für einen Fernverkehr mit stark schwankendem Verkehrsanfall ist also das Wechselstromsystem in fahrplantechnischer Hinsicht dem Gleichstromsystem weit überlegen.

Der Schritt zum Triebwagen mit verschiedener Anhängelast stellt den Übergang zum Lokomotivbetrieb dar, bei dem ähnliche Überlegungen zu dem Ergebnis führen, daß sich dort die Überlegenheit des Wechselstromsystems infolge der Überlastungsfähigkeit bei hohen Fahrgeschwindigkeiten noch weit stärker bemerkbar macht. Dies führt dazu, daß bei Wechselstrombahnen außergewöhnlicher Verkehrsanfall (an Feiertagen und in den Ferien) mit einer geringeren Anzahl von Lokomotiveinheiten und Stunden-kW bewältigt werden kann, während das Gleichstromsystem zu Vorspann greifen muß, um die Leistung bei den hohen Fahrgeschwindigkeiten aufzubringen.

Der Gleichstrom eignet sich also vorwiegend für Triebwagenbetrieb von unveränderlichen Einheiten (Stadt- und Untergrundbahnen), während der Wechselstrom bei reinem Triebwagenbetrieb, bei Fahrt mit Trieb- und Beiwagen und bei Lokomotivzügen in gleicher Weise alle Anforderungen zu erfüllen vermag.

Zusammenfassung.

An einem dreiteiligen Schnelltriebwagen wurde der Einfluß von Stundenleistung, Übersetzung und Kennlinienverlauf von Gleich- und Wechselstrombahnmotoren auf den Mehrzeitbedarf je Anfahrt festgestellt. Die Untersuchung wurde für verschiedene Fahr- und Höchstgeschwindigkeiten durchgeführt. Die abgeleiteten Gleichungen gelten auch für den Bremsvorgang. Aus dem Ergebnis der Untersuchung konnten Schlüsse auf die Übersetzung und den Motor des behandelten Fahrzeugs gezogen sowie allgemeine Gesichtspunkte für die Anwendbarkeit des Gleich- und Wechselstrombahnsystems aufgestellt werden.

RUNDSCHAU.

Geräte und Stromrichter.

DK 621. 314. 652. 004. 14

Gittergesteuerte Stromrichter als Phasenschieber. [Nach G. Babat u. G. Rabkin, J. Instn. electr. Engrs. 82 (1938) S. 429; 10 S., 16 Abb.]

Man kann gittergesteuerte Gleichrichter durch vorzeitigen Anodenwechsel zwingen, aus dem speisenden Wechselstromnetz voreilenden Strom zu beziehen, d. h. sie als Phasenschieber verwenden[1]). Die grundsätzliche Schaltung eines solchen „gittergesteuerten Phasenschiebers" zeigt Abb. 1. An einem Einphasentransformator sind in Zweiwegschaltung die Hauptventile A und B angeschlossen. Im gewünschten Zeitpunkt wird von einem Hauptventil auf das zugehörige Hilfsventil und von diesem auf das nächste Hauptventil kommutiert. Bei einem voreilenden Zündwinkel von 90° arbeitet der Stromrichter als reiner Phasenschieber, bei kleinerem Zündwinkel kann auch Gleichstrom abgegeben werden. Mittels zusätzlicher Nullventile lassen sich der Leistungsfaktor des Wechselstromnetzes und die Gleichspannung unabhängig voneinander regeln.

A, B Hauptventile

Abb. 1. Grundsätzliche Schaltung eines „gittergesteuerten" Phasenschiebers.

Die Einphasen-Vollwegsysteme werden zweckmäßig zu Mehrphasenanordnungen zusammengestellt, um wirtschaftlichere Kommutierungseinrichtungen und geringere Kurvenverzerrung im Primärnetz zu erhalten. Bei solchen Systemen wird eine gerade Anzahl von Einphasen-Stromrichtern zu zwei Gruppen zusammengefaßt; die Kathoden sämtlicher Ventile der einen Gruppe werden gemeinsam über den Löschkondensator mit den Kathoden der anderen Gruppe verbunden. Der Löschkondensator bereitet durch seine Ladung den Anodenwechsel der Hauptventile vor. Die Ladungsänderung des Kondensators erfolgt hierbei in zwei Schritten, weshalb derartige Systeme „Zweischrittkreise" genannt werden. Mehrschrittkreise erhält man durch Zusammenschalten von n Systemen über n im Vieleck angeordnete Kondensatoren, von denen sich jeder in n Schritten umladet. Die Arbeitsweise der verschiedenen Schaltungen wird an Hand von Oszillogrammen erläutert.

Die Hilfsventile haben wegen ihrer kurzen Belastungsdauer eine sehr viel kleinere Leistung als die Hauptventile. Die Notwendigkeit, jedem Hauptventil ein Hilfsventil zu geben, verteuert die Anlage erheblich gegenüber einem gewöhnlichen gittergesteuerten Gleichrichter.

Die sichere Entionisierung der Entladungsstrecken bestimmt die Größe der Löschkondensatoren. Ihre Leistung ist der Phasenschieber-Leistung und der Brenndauer der Hilfsventile direkt und der Zahl der Einphasen-Systeme umgekehrt proportional. Bei „Mehrschrittkreisen" ergeben sich zwar kleinere Kondensatoreinheiten; jedoch ist der Gesamtaufwand $(n-1)$fach größer als bei „Zweischrittkreisen".

Die Glättungsdrosselspulen müssen wegen der Kurvenverzerrung des Primärstromes eine Mindestgröße haben. Bei einer Drosselspulen-Blindleistung kleiner als das 0,571 fache der Einphasentransformator-Leistung würde der Gleichstrom abreißen. Sehr große Drosselspulen ergeben Verzerrungsfaktoren entsprechend der Phasenzahl der Stromrichteranlage. Ein dreiphasiger Phasenschieber benötigt z. B. für einen Verzerrungsfaktor von 0,928 eine Drosselspulenleistung vom 4 fachen, ein zwölfphasiger Phasenschieber dagegen nur eine solche vom 0,9 fachen Betrage der Einphasentransformator-Leistung.

E. Schu.

[1]) ETZ 58 (1937) S. 1400; ETZ 59 (1938) H. 14, S. 357.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.316.935.1.004.1(68)

Betriebserfahrungen mit Petersenspulen in Südafrika. [Nach E. F. Rendell, Electrician 121 (1938) S. 177; $1^1/_2$ S., 0 Abb.]

Die Victoria Falls und Transvaal Elektrizitäts-Gesellschaft haben als Hauptabnehmer die Goldmineninindustrie von Witwatersrand; der höchste Energiebedarf überschreitet 530 MVA. Die klimatischen Verhältnisse in dem von der Gesellschaft versorgten Gebiet sind denkbar ungünstig, denn es herrschen acht Monate des Jahres Gewitter von einer sonst selten beobachteten Heftigkeit und Stürme, die zum Teil stark mit Salz durchsetzt sind und Ablagerungen auf den Isolatoren verursachen.

Die Hauptkunden werden alle über zwei, einige sogar über vier Leitungen gespeist, so daß eine Zuleitung auf einige Sekunden unterbrochen werden kann, ohne daß es der Abnehmer merkt. Daher wurde zur Beseitigung von Erd- und Kurzschlüssen das Verfahren der Schnellwiedereinschaltung gewählt. Die Erfahrung hat gezeigt, daß bei Verwendung von schnell ansprechenden Schutzrelais und Schaltern auch die Isolatoren (Ketten an Portalmasten) wenig beschädigt wurden. Obgleich es unter diesen Umständen schwer war, die zusätzliche Aufstellung von Petersenspulen wirtschaftlich zu rechtfertigen, entschloß man sich, zunächst die 40 kV-Anlage damit auszurüsten. Um ihren Einfluß auf den Betrieb zu prüfen, wurde das Netz 343 Tage lang abwechselnd je 14 Tage mit und ohne Spule gefahren und alle vorkommenden Auslösungen und Fehler verzeichnet. Ferner wurden selbsttätige Störungsschreiber eingebaut, um die Art der Fehler und ihre Aufteilung auf die Phasen festzustellen.

Das wichtigste Ergebnis der Aufschreibungen ist, daß die Spulen den Hundertsatz der Mehrphasenfehler nicht steigern. Ferner ergibt die Aufschreibung, daß die Spulen beseitigten:

27% der Fehlerauslösungen, die ohne sie eingetreten wären, bei Gewitter,

52% dergleichen bei Schönwetter,

35,8% dergleichen bei Gewitter und Schönwetter zusammen betrachtet.

22,9% der gesamten Fehler waren nicht bestimmbar, weil während ihres Auftretens die Störungsschreiber aus irgendeinem Grunde außer Betrieb waren.

Rendell betont, daß diese Werte dem tatsächlichen Nutzen der Petersenspulen nicht gerecht werden. Doch sind folgende Überlegungen anzustellen: Von den insgesamt 670 km des Netzes sind 420 km Ring- und Kupplungsleitungen und 250 km Einfachleitungen. Bei sonst gleicher Konstruktion besitzen die ersteren Vergleichsschutz mit Hilfsdrähten mit einer Einstellung weit über dem Kapazitätsstrom der Anlage, die letzteren dagegen einfachen Erdschlußschutz mit einem Ansprechstrom unter dem Kapazitätsstrom der Anlage. Daraus schließt Rendell, daß alle Fehlerlöschungen auf den Ringleitungen erfolgten, weil die Erfahrung zeigte, daß die Einfachleitungen immer bei allen Fehlern herausfallen mußten ohne Rücksicht auf die Anzahl der betroffenen Phasen und ohne Rücksicht darauf, ob ein Fehler auf ihnen durch die Spulen gelöscht war. Unter Eingliederung auch der nicht bestimmbaren Fehler ergibt sich dann, daß der ursprünglich für die Verminderung der Schalterauslösungen ermittelte Wert von 35,8% auf 58,6% verbessert wird.

Diese Ergebnisse ermutigten die Gesellschaft, auch die 80 kV-Anlage mit Petersenspulen auszustatten. Die Anlage wurde, nachdem die Petersenspulen eingebaut waren, ununterbrochen mit diesen betrieben und ebenfalls mit Spannungsschreibern überwacht. Der vorliegende Bericht umfaßt 255 Betriebstage und ergibt folgendes:

	Gewitter	Schönwetter
Löschungen	27	46
Leitungsauslösungen . . .	9	1
insgesamt aufgetretene Fehler	36	47

des Wechselstromwagens aus. Denn die Anfahrten nach einer Geschwindigkeitseinschränkung sind sehr zahlreich im Vergleich zu den Anfahrten aus dem Stillstand auf dem Bahnhof.

Abb. 8. Wechselstrom-Schnelltriebwagen. Verlauf der Mehrzeit $\Delta\Delta t$ (s) bei verschiedenen Höchstgeschwindigkeiten V_{max} (km/h) für verschiedene Übersetzungen $ü$ = 4,05:1 bis 2,53:1; Geschwindigkeitssprung ΔV = 10 km/h.

Aus den geringen Zeitdifferenzen darf man nicht schließen, daß der Gleichstromwagen allgemein nahezu die Fahreigenschaften des Wechselstromwagens erreicht, wie aus dem nächsten Abschnitt hervorgeht.

Auswirkung des Verlaufs der Leistungskennlinien auf verschiedene Zugarten.

Im vorigen Abschnitt hatte sich gezeigt, daß der bedeutende Leistungs- und Beschleunigungsüberschuß des Wechselstromwagens sich bei ausschließlichem Trieb-

Abb. 9. Wechselstrom-Schnelltriebwagen. Verlauf der gesamten Mehrzeit $\Sigma\Delta\Delta t$ (s) bei verschiedenen Höchstgeschwindigkeiten V_{max} (km/h) für verschiedene Übersetzungen $ü$ = 4,05:1 bis 2,53:1; Geschwindigkeitssprung ΔV = 10 km/h.

wagenbetrieb — also ohne zeitweise Mitführung von Beiwagen — nicht in ausschlaggebender Weise auswirkt. Ein ähnliches Verhalten zeigen Bahnen, die stets das gleiche Verhältnis von Trieb- und Beiwagen aufweisen, wie z. B. die Berliner Stadtbahn. Solche Bahnen sind also für Gleich- und Wechselstrom in fahrplantechnischer Hinsicht gleichwertig, so daß man ohne Bedenken die Wahl der Stromart nach anderen Gesichtspunkten vornehmen kann.

Ganz anders wird der Bedarf an Mehrzeit, wenn — wie auf Fernbahnen üblich — dem Verkehrsbedürfnis durch Anhängen von Beiwagen Rechnung getragen wird. Würde man (obschon der hier behandelte Schnelltriebwagen nicht dafür vorgesehen ist) noch zwei Beiwagen befördern, so würde bei V_{max} = 160 km/h der Fahrwiderstand etwa auf rd. 2000 kg anwachsen. Für eine Endbeschleunigung von 0,03 m/s² oder rd. 3 kg/t ergibt sich ein Zuschlag von (120 + 70) · 3 ≈ 600 kg, also ist die gesamte erforderliche Zugkraft 2600 kg. Nach Abb. 4 müßte beim Gleichstromtriebwagen hierzu die Übersetzung kleiner als 1,43 : 1 gewählt werden. Die Anfahrt auf Widerständen würde bis etwa 95 km/h dauern. Der Wechselstromtriebwagen hätte (vgl. Abb. 7) bei 160 km/h eine Beschleunigungszugkraft von 5200 — 2000 = 3200 kg übrig, die einer Endbeschleunigung von rd. 0,18 m/s² und einer Mehrzeit von 0,46 s entsprechen. Man könnte an den Wechselstromtriebwagen statt zwei sogar vier Beiwagen anhängen und erhält immer noch die mehr als ausreichende Endbeschleunigung von rd. 0,1 m/s² und die geringe Mehrzeit von 0,85 s.

Für einen Fernverkehr mit stark schwankendem Verkehrsanfall ist also das Wechselstromsystem in fahrplantechnischer Hinsicht dem Gleichstromsystem weit überlegen.

Der Schritt zum Triebwagen mit verschiedener Anhängelast stellt den Übergang zum Lokomotivbetrieb dar, bei dem ähnliche Überlegungen zu dem Ergebnis führen, daß sich dort die Überlegenheit des Wechselstromsystems infolge der Überlastungsfähigkeit bei hohen Fahrgeschwindigkeiten noch weit stärker bemerkbar macht. Dies führt dazu, daß bei Wechselstrombahnen außergewöhnlicher Verkehrsanfall (an Feiertagen und in den Ferien) mit einer geringeren Anzahl von Lokomotiveinheiten und Stunden-kW bewältigt werden kann, während das Gleichstromsystem zu Vorspann greifen muß, um die Leistung bei den hohen Fahrgeschwindigkeiten aufzubringen.

Der Gleichstrom eignet sich also vorwiegend für Triebwagenbetrieb von unveränderlichen Einheiten (Stadt- und Untergrundbahnen), während der Wechselstrom bei reinem Triebwagenbetrieb, bei Fahrt mit Trieb- und Beiwagen und bei Lokomotivzügen in gleicher Weise alle Anforderungen zu erfüllen vermag.

Zusammenfassung.

An einem dreiteiligen Schnelltriebwagen wurde der Einfluß von Stundenleistung, Übersetzung und Kennlinienverlauf von Gleich- und Wechselstrombahnmotoren auf den Mehrzeitbedarf je Anfahrt festgestellt. Die Untersuchung wurde für verschiedene Fahr- und Höchstgeschwindigkeiten durchgeführt. Die abgeleiteten Gleichungen gelten auch für den Bremsvorgang. Aus dem Ergebnis der Untersuchung konnten Schlüsse auf die Übersetzung und den Motor des behandelten Fahrzeugs gezogen sowie allgemeine Gesichtspunkte für die Anwendbarkeit des Gleich- und Wechselstrombahnsystems aufgestellt werden.

RUNDSCHAU.

Geräte und Stromrichter.

DK 621. 314. 652. 004. 14

Gittergesteuerte Stromrichter als Phasenschieber. [Nach G. Babat u. G. Rabkin, J. Instn. electr. Engrs. 82 (1938) S. 429; 10 S., 16 Abb.]

Man kann gittergesteuerte Gleichrichter durch vorzeitigen Anodenwechsel zwingen, aus dem speisenden Wechselstromnetz voreilenden Strom zu beziehen, d. h. sie als Phasenschieber verwenden[1]). Die grundsätzliche Schaltung eines solchen „gittergesteuerten Phasenschiebers" zeigt Abb. 1. An einem Einphasentransformator sind in Zweiwegschaltung die Hauptventile *A* und *B* angeschlossen. Im gewünschten Zeitpunkt wird von einem Hauptventil auf das zugehörige Hilfsventil und von diesem auf das nächste Hauptventil kommutiert. Bei einem voreilenden Zündwinkel von 90° arbeitet der Stromrichter als reiner Phasenschieber, bei kleinerem Zündwinkel kann auch Gleichstrom abgegeben werden. Mittels zusätzlicher Nullventile lassen sich der Leistungsfaktor des Wechselstromnetzes und die Gleichspannung unabhängig voneinander regeln.

A, B Hauptventile

Abb. 1. Grundsätzliche Schaltung eines „gittergesteuerten" Phasenschiebers.

Die Einphasen-Vollwegsysteme werden zweckmäßig zu Mehrphasenanordnungen zusammengestellt, um wirtschaftlichere Kommutierungseinrichtungen und geringere Kurvenverzerrung im Primärnetz zu erhalten. Bei solchen Systemen wird eine gerade Anzahl von Einphasen-Stromrichtern zu zwei Gruppen zusammengefaßt; die Kathoden sämtlicher Ventile der einen Gruppe werden gemeinsam über den Löschkondensator mit den Kathoden der anderen Gruppe verbunden. Der Löschkondensator bereitet durch seine Ladung den Anodenwechsel der Hauptventile vor. Die Ladungsänderung des Kondensators erfolgt hierbei in zwei Schritten, weshalb derartige Systeme „Zweischrittkreise" genannt werden. Mehrschrittkreise erhält man durch Zusammenschalten von *n* Systemen über *n* im Vieleck angeordnete Kondensatoren, von denen sich jeder in *n* Schritten umladet. Die Arbeitsweise der verschiedenen Schaltungen wird an Hand von Oszillogrammen erläutert.

Die Hilfsventile haben wegen ihrer kurzen Belastungsdauer eine sehr viel kleinere Leistung als die Hauptventile. Die Notwendigkeit, jedem Hauptventil ein Hilfsventil zu geben, verteuert die Anlage erheblich gegenüber einem gewöhnlichen gittergesteuerten Gleichrichter.

Die sichere Entionisierung der Entladungsstrecken bestimmt die Größe der Löschkondensatoren. Ihre Leistung ist der Phasenschieber-Leistung und der Brenndauer der Hilfsventile direkt und der Zahl der Einphasen-Systeme umgekehrt proportional. Bei „Mehrschrittkreisen" ergeben sich zwar kleinere Kondensatoreinheiten; jedoch ist der Gesamtaufwand $(n-1)$fach größer als bei „Zweischrittkreisen".

Die Glättungsdrosselspulen müssen wegen der Kurvenverzerrung des Primärstromes eine Mindestgröße haben. Bei einer Drosselspulen-Blindleistung kleiner als das 0,571fache der Einphasentransformator-Leistung würde der Gleichstrom abreißen. Sehr große Drosselspulen ergeben Verzerrungsfaktoren entsprechend der Phasenzahl der Stromrichteranlage. Ein dreiphasiger Phasenschieber benötigt z. B. für einen Verzerrungsfaktor von 0,928 eine Drosselspulenleistung vom 4fachen, ein zwölfphasiger Phasenschieber dagegen nur eine solche vom 0,9fachen Betrage der Einphasentransformator-Leistung.

E. Schu.

[1]) ETZ 58 (1937) S. 1400; ETZ 59 (1938) H. 14, S. 357.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.316.935.1.004.1(68)

Betriebserfahrungen mit Petersenspulen in Südafrika. [Nach E. F. Rendell, Electrician 121 (1938) S. 177; 1½ S., 0 Abb.]

Die Victoria Falls und Transvaal Elektrizitäts-Gesellschaft haben als Hauptabnehmer die Goldminenindustrie von Witwatersrand; der höchste Energiebedarf überschreitet 530 MVA. Die klimatischen Verhältnisse in dem von der Gesellschaft versorgten Gebiet sind denkbar ungünstig, denn es herrschen acht Monate des Jahres Gewitter von einer sonst selten beobachteten Heftigkeit und Stürme, die zum Teil stark mit Salz durchsetzt sind und Ablagerungen auf den Isolatoren verursachen.

Die Hauptkunden werden alle über zwei, einige sogar über vier Leitungen gespeist, so daß eine Zuleitung auf einige Sekunden unterbrochen werden kann, ohne daß es der Abnehmer merkt. Daher wurde zur Beseitigung von Erd- und Kurzschlüssen das Verfahren der Schnellwiedereinschaltung gewählt. Die Erfahrung hat gezeigt, daß bei Verwendung von schnell ansprechenden Schutzrelais und Schaltern auch die Isolatoren (Ketten an Portalmasten) wenig beschädigt wurden. Obgleich es unter diesen Umständen schwer war, die zusätzliche Aufstellung von Petersenspulen wirtschaftlich zu rechtfertigen, entschloß man sich, zunächst die 40 kV-Anlage damit auszurüsten. Um ihren Einfluß auf den Betrieb zu prüfen, wurde das Netz 343 Tage lang abwechselnd je 14 Tage mit und ohne Spule gefahren und alle vorkommenden Auslösungen und Fehler verzeichnet. Ferner wurden selbsttätige Störungsschreiber eingebaut, um die Art der Fehler und ihre Aufteilung auf die Phasen festzustellen.

Das wichtigste Ergebnis der Aufschreibungen ist, daß die Spulen den Hundertsatz der Mehrphasenfehler nicht steigern. Ferner ergibt die Aufschreibung, daß die Spulen beseitigten:

27% der Fehlerauslösungen, die ohne sie eingetreten wären, bei Gewitter,

52% dergleichen bei Schönwetter,

35,8% dergleichen bei Gewitter und Schönwetter zusammen betrachtet.

22,9% der gesamten Fehler waren nicht bestimmbar, weil während ihres Auftretens die Störungsschreiber aus irgendeinem Grunde außer Betrieb waren.

Rendell betont, daß diese Werte dem tatsächlichen Nutzen der Petersenspulen nicht gerecht werden. Doch sind folgende Überlegungen anzustellen: Von den insgesamt 670 km des Netzes sind 420 km Ring- und Kupplungsleitungen und 250 km Einfachleitungen. Bei sonst gleicher Konstruktion besitzen die ersteren Vergleichsschutz mit Hilfsdrähten mit einer Einstellung weit über dem Kapazitätsstrom der Anlage, die letzteren dagegen einfachen Erdschlußschutz mit einem Ansprechstrom unter dem Kapazitätsstrom der Anlage. Daraus schließt Rendell, daß alle Fehlerlöschungen auf den Ringleitungen erfolgten, weil die Erfahrung zeigte, daß die Einfachleitungen immer bei allen Fehlern herausfallen mußten ohne Rücksicht auf die Anzahl der betroffenen Phasen und ohne Rücksicht darauf, ob ein Fehler auf ihnen durch die Spulen gelöscht war. Unter Eingliederung auch der nicht bestimmbaren Fehler ergibt sich dann, daß der ursprünglich für die Verminderung der Schalterauslösungen ermittelte Wert von 35,8% auf 58,6% verbessert wird.

Diese Ergebnisse ermutigten die Gesellschaft, auch die 80 kV-Anlage mit Petersenspulen auszustatten. Die Anlage wurde, nachdem die Petersenspulen eingebaut waren, ununterbrochen mit diesen betrieben und ebenfalls mit Spannungsschreibern überwacht. Der vorliegende Bericht umfaßt 255 Betriebstage und ergibt folgendes:

	Gewitter	Schönwetter
Löschungen	27	46
Leitungsauslösungen	9	1
insgesamt aufgetretene Fehler	36	47

Die 80 kV-Anlage wurde vor der Aufstellung der Petersenspulen mit geerdetem Nullpunkt gefahren und es liegen auch aus dieser Zeit genaue Aufschreibungen vor, die zum Teil fünf Jahre zurückreichen. Aus Vergleichen mit diesen Aufzeichnungen ergab sich u. a.:

Eine 205 km lange Einfachspeiseleitung löste in den 255 Tagen des Betriebes mit Petersenspulen zweimal während Gewitter und einmal während Schönwetter aus. In den unmittelbar vorhergehenden 255 Tagen löste dieselbe Leitung 23mal bei Gewitter und dreimal bei Schönwetter aus. Zwei andere Leitungen lösten in den 255 Tagen des Betriebes mit Petersenspulen während Gewitter dreimal, während Schönwetter keinmal aus. Nimmt man für dieselben beiden Leitungen einen Durchschnitt aus den vorhergehenden fünf Jahren und rechnet davon dieselbe Zeit von 255 Tagen, so erfolgten in der Zeit des Betriebes ohne Petersenspulen die Auslösungen 20,6mal während Gewitter und 32,4mal bei Schönwetter.

Aus dem Vergleich der 80 kV- mit den 40 kV-Aufzeichnungen folgert Rendell, daß bei der höheren Spannung die Fehler vorwiegend einphasig sind und daß Dreiphasenfehler fast unbekannt sind. In der 40 kV-Anlage sind 41% aller Fehler mehrphasig.

Als Nachteile der Petersenspulen nennt Rendell gewisse Einschränkungen in bezug auf die Anpassungsfähigkeit bei Unterteilung der Anlage. Gerade dieser Gesichtspunkt muß daher beim Entwurf einer Erdschlußkompensation besonders beachtet werden.

Genau so wie die amerikanische Praxis[1]) schaltet auch die Südafrikanische Gesellschaft Dauererdschlüsse nach 1 s durch starre Nullpunktserdung und damit stattfindendes Überbrücken der Petersenspulen, also durch Einleitung eines einphasigen Kurzschlusses mit Hilfe geeigneter Relais, ab. Dagegen hat die deutsche Praxis mit einem Fahren im Dauererdschluß und Herausnehmen der vom Erdschluß betroffenen Leitung durch Hand zu einem betrieblich günstig gelegenen Zeitpunkt gute Erfahrungen gemacht. *Bbg.*

DK 621.18

Neuartiger trommelloser Hochdruckkessel. [Nach O. H. Hartmann, Arch. Wärmew. 19 (1938) S. 225; 3½ S., 6 Abb.]

In dem Bestreben, mit dem geringen Werkstoffaufwand von Zwangsdurchlaufkesseln den Betriebseigenschaften der Zweitrommel-Steilrohrkessel mit natürlichem Wasserumlauf gleichzukommen, ist unter Zugrundelegung eines seinerzeit von Martin Schmidt vorgeschlagenen neuen Verdampfungsverfahrens ein trommelloser Hochdruckkessel in Form eines Schlangenrohrkessels entwickelt worden. Dem Verfahren liegt die Erkenntnis zugrunde, daß sich der Dampf bereits in den oberen nahezu waagerechten Teilen der Verdampfungsrohre aus dem Wasser ausscheidet und in eine Erweiterung des gleichen Rohres oder in ein anderes, mit dem oberen Teil des Verdampfungsrohres durch Bohrungen oder Düsen verbundenes Rohr abgeleitet werden kann. Nach der Erprobung der Dampfausscheidung und des Wasserumlaufes in einer Versuchseinrichtung wurde ein Kessel für 65 atü, 500°C und 2t/h (Wasserinhalt 150 l) gebaut. Dieser für Steinkohlenfeuerung mit Drehrost ausgerüstete Kessel besteht aus einer äußeren und einer inneren Verdampfungs-Schlangenrohrgruppe, zwischen denen der ringförmige Verbrennungsraum liegt. Die Verdampfungsrohre sind unten an einem Speisering und oben an einem Dampfentnahmering angeschlossen. Über den Rohrgruppen sind der ringförmige Rohrschlangen-Überhitzer und -Speisewasservorwärmer angeordnet. Der Kessel soll unter Anwendung eines neuen Verfahrens gute Leistungsregeleigenschaften haben; der Wasserinhalt des ausgeschiedenen Dampfes soll etwa ½ bis 1% betragen. Größere Einheiten sind noch nicht gebaut. *El.*

DK 519.4 : 621.315.62.001.4

Beurteilung der Abnahme-Vorschriften für die mechanische Prüfung von Freileitungsisolatoren durch statistische Feststellungen. [Nach W. T. O'Dea, J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938) S. 333; 12 S., 9 Abb.]

Für die Feststellung der Güte von Freileitungsisolatoren beispielsweise bei Abnahmen bestehen Vorschriften, die entweder von Verbänden, oder auch vom Abnehmer selbst, festgelegt werden. Am Beispiel der in England viel beachteten Vorschriften der „Central Electricity Board" wird unter Anwendung statistischer Verfahren gezeigt, daß die Prüfungen unter Umständen auch von solchen Fabrikationsserien erfüllt werden, die eine große Anzahl nicht vollwertiger Isolatoren enthalten. Es wird darauf hingewiesen, daß durch statistische Auswertung der an einer nicht zu kleinen Isolatorenzahl (mindestens 30 bis 50 Stück) gewonnenen Versuchsergebnissen eine bessere Beurteilung der Güte und Gleichmäßigkeit der Fabrikation möglich ist. Im übrigen ist der Verfasser der Meinung, daß in den letzten Jahren die thermischen Beanspruchungen der Isolatoren im Betrieb gegenüber den elektrischen und mechanischen zu wenig beachtet wurden. *Obs.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.319.52.024

Hochspannungsanlage für 3 Millionen Volt konstante Gleichspannung. [Nach H. Mehlhorn, Siemens-Z. 18 (1938) S. 417; 5⅓ S., 15 Abb.]

Die vorliegende Arbeit behandelt die im Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik in Dahlem (Leitung Prof. Dr. P. Debye) eingerichtete Anlage, die zu Versuchen auf dem Gebiet der Atomkernphysik dienen soll (Abb. 2). Derartig hohe Spannungen sind hier bekanntlich nötig, um den zur Beschießung der Atomkerne dienenden Protonen, Deuteronen oder Neutronen die erforderliche Geschwindigkeit zu geben. Die Anlage befindet sich in einem 20 m hohen Turm, der einen Durchmesser von 15 m hat. Abb. 3 zeigt den Grund- und Aufriß des Hochspannungsturmes. Die Anlage enthält zwei turmartige Aufbauten, die aus Kondensatoren und Ventil-

Abb. 2. Einer der beiden 1500 kV-Generatoren.

$a_1\,a_2$ Hochspannungsgeneratoren
$b_1\,b_2$ Hochspannungstransformatoren
c Hochspannungsabnahme
d Schutzwand
e Beobachtungsraum
f Beobachtungsfenster
g Schaltpunkte
h Laufkran
i Laufgang

Abb. 3. Grund- und Aufriß des Hochspannungsturmes.

[1]) Vgl. E. M. Hunter, Electr. Engng. 57 (1938) S. 11.

röhren bestehen und eine Gleichspannung von je 1 500 kV gegen Erde erzeugen. Zwischen den Polen dieser beiden Generatoren ergibt sich also eine Spannung von 3 000 kV.

Das Grundelement der hier benutzten Greinacher-Schaltung bildet die von Villard angegebene Zusammenstellung eines Transformators *Tr*, eines Kondensators C_1 und einer Ventilröhre V_1 (Abb. 4). Diese Schaltung erzeugt bekanntlich eine pulsierende, d. h. zwischen 0 und dem Höchstwert sinusförmig verlaufende Gleichspannung vom doppelten Wert der Transformatorenspannung, also $2\,U$. Diese pulsierende Gleichspannung kann in eine konstante Gleichspannung vom Potential $2\,U$ umgewandelt werden, indem man sie zur Aufladung eines Kondensators C_2 über ein Ventil V_2 benutzt. Die Punkte *c* und *b* können als die Pole einer aus *Tr*, C_1 und C_2 gebildeten Stromquelle angesehen werden, die eine zwischen 0 und $2\,U$ pulsierende Gleichspannung liefert. Diese Gleichspannung wird wieder in eine konstante Gleichspannung umgewandelt, indem sie zur Aufladung eines Kondensators C_3 über ein Ventil V_3 benutzt wird. Der Kondensator C_3 wird auf den Scheitelwert $2\,U$ aufgeladen, so daß also zwischen *d* und *b* die konstante Potentialdifferenz $2\,U$ herrscht. Da durch die feste Verbindung von C_3 mit *b* dem einen Belag das Potential von *b* aufgedrückt wird, so verläuft auch das Potential von *d* entsprechend. Es pulsiert sinusförmig zwischen $4\,U$ und $2\,U$. Auf diese Weise fügt jede Stufe, die immer aus 2 Kondensatoren und 2 Ventilröhren besteht, der vorhergehenden das Potential $2\,U$ hinzu. Die Heizung der Ventilröhren wird durch Gleichstromgeneratoren besorgt, die zwischen 2 aufeinandergesetzte Kondensatoren gebaut und mit einer Sprühschutzkappe umgeben sind. Der Antriebsmotor für die Generatoren jeder Säule befindet sich am Fuß des untersten Kondensators. Die Verbindung wird durch Hartpapierwellen hergestellt. Die Kondensatoren sind der Raumersparnis wegen als Hohlzylinder ausgeführt. Die 200 kV-Transformatoren werden von einem 30 kVA-Generator mit 500 Hz gespeist. Die gesamte Bedienung ist an fahrbaren Schalttischen zusammengefaßt, deren Instrumente beleuchtet sind, da die Versuche meist im verdunkelten Raum vor sich gehen müssen. Die Ventile sind mit schwarzem Isolierlack überzogen, damit ihr Leuchten die Arbeit nicht stört. *Jkl.*

Tr Hochspannungstransformator $C_1 \cdots C_8$ Kondensatoren $V_1 \cdots V_8$ Hochvakuum-Glühkathoden-Ventilröhren *R* Belastungswiderstand

Abb. 4. Grundsätzliche Gesamtschaltung zur Erzeugung von 2 · 1,5 Mill V.

DK 621.317.733 + 621.317.755

Elektronischer Nullanzeiger für Wechselstrom-Meßbrücken. [Nach H. W. Lamson, Rev. sci. Instrum. 9 (1938) S. 272; 4 S., 4 Abb.]

Wechselstrom-Meßbrücken werden bekanntlich in der Weise abgeglichen, daß zwei, nämlich die beiden der reellen und imaginären Komponente zugeordneten Abgleichmittel wechselweise solange verändert werden, bis die Spannung an der Meßdiagonale gleich Null ist. Um diese Abgleichung besonders schnell und sicher ausführen zu können, kann man nach einem Vorschlag von H. W. Lamson einen kleinen Kathodenstrahl-Oszillographen (Schirmdurchmesser 25 mm, z. B. das „913-Rohr") mit zwei um 90° gegeneinander versetzten elektrostatischen Ablenkplattenpaaren als elektronischen Nullanzeiger verwenden: Das erste Plattenpaar, das den Leuchtfleck auf dem Schirm waagerecht ablenkt, wird (zweckmäßig unter Zwischenschaltung eines Phasenreglers, der durch eine aus festen Kondensatoren und veränderbaren Widerständen bestehende Kunstschaltung gebildet werden kann) mit der die Brücke speisenden Wechselspannung verbunden, während das zweite Plattenpaar, das den Leuchtfleck senkrecht ablenkt, an den Ausgang eines Röhrenverstärkers gelegt wird, dessen Eingang von der auf Null abzugleichenden Diagonalspannung der Brücke beeinflußt wird. Wenn die Brücke vollkommen abgeglichen und die Spannung an dem zweiten Plattenpaar gleich Null ist, so sieht man am Schirm einen waagerechten Strich. Ist jedoch die Brücke nicht abgeglichen und demzufolge am zweiten Plattenpaar eine der jeweiligen Diagonalspannung nach Größe und Phase entsprechende Spannung vorhanden, so ergibt sich (als Lissajous-Bild) eine Ellipse, deren große Achse im allgemeinen gegen die Waagerechte geneigt ist. Beim Verstellen der Abgleichmittel der Brücke wird sowohl die Neigung der großen Achse als auch die Größe der kleinen Achse verändert. Durch entsprechende Einstellung des Phasenreglers, an dem die dem ersten Plattenpaar zugeführte Spannung abgenommen wird, läßt sich erreichen, daß die Verstellung des einen (z. B. des der reellen Komponente zugeordneten) Abgleichmittels nur eine Veränderung der kleinen Achse ohne Veränderung der Neigung der großen Achse zur Folge hat, und daß anderseits die Verstellung des anderen (z. B. des der imaginären Komponente zugeordneten) Abgleichmittels allein eine Veränderung der Neigung der großen Achse verursacht. Bei dieser Anordnung, bei der zwischen den an den beiden Plattenpaaren liegenden Spannungen bestimmte Phasenbeziehungen bestehen, läßt sich eine besonders einfache und schnelle Abgleichung der Brücke erreichen. Die Empfindlichkeit ist dabei so hoch, daß eine Diagonalspannung von 60 Hz und 100 μV bzw. von 1000 Hz und 200 bis 300 μV eine noch deutlich erkennbare Ablenkung des Leuchtfleckes hervorruft. *Ggr.*

DK 621.314.222.08

Prüfungen und Beglaubigungen.

Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende „Bekanntmachung Nr. 486[1])

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, sind die folgenden Spannungswandlerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen und ist ihnen das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden.

System 43, die Formen VTP 42 S, VTP 64 S und VTP 86 S, Spannungswandler für einphasigen Wechselstrom, sämtlich hergestellt von der Siemens & Halske Aktiengesellschaft in Berlin-Siemensstadt.

Berlin-Charlottenburg, den 20. August 1938.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
In Vertretung:
Giebe."

Beschreibung[2]).

Die Spannungswandler der obengenannten Formen können für die Frequenz 50 Hz, für primäre Nennspannungen und Nennleistungen nach Tafel 1 und für die sekundären Nennspannungen 100 und 110 V beglaubigt werden. Die Wandler tragen auf ihrem Leistungsschild das Klassenzeichen Kl. 0,5 gemäß den vom Verband Deutscher Elektrotechniker herausgegebenen Regeln für Wandler (VDE 0414/1932). Sie haben primär einen Meßbereich.

Form	Primäre Nennspannungen V	Nennleistung VA	Grenzleistung VA
VTP 42 S	$\frac{3000}{\sqrt{3}}$ bis $\frac{11\,500}{\sqrt{3}}$	40	300
VTP 64 S	$\frac{6000}{\sqrt{3}}$ bis $\frac{23\,000}{\sqrt{3}}$	60	500
VTP 86 S	$\frac{15\,000}{\sqrt{3}}$ bis $\frac{34\,500}{\sqrt{3}}$	120	1000

1) Reichsministerialblatt 1938, S. 614.
2) Auszug aus dem Sonderdruck über die Bekanntmachung Nr. 486 der PTR. Zu beziehen durch die Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin.

Die Spannungswandler der obengenannten Formen werden zwischen Hochspannungsleitung und Erde geschaltet; das zu erdende Ende der Oberspannungswicklung ist für die Unterspannung isoliert herausgeführt.

Die Wandler mit der Zahl 42 im Formzeichen sind entsprechend der Reihe 10, die Wandler mit der Zahl 64 entsprechend der Reihe 20 und die Wandler mit der Zahl 86 entsprechend der Reihe 30 des Verbandes Deutscher Elektrotechniker ausgeführt.

Die Prüfspannungen haben die in den Regeln für Wandler festgesetzten Werte. Die Wicklungsprobe zwischen der Oberspannungswicklung und der mit dem Gehäuse verbundenen Unterspannungswicklung ist nicht mit der der Reihenspannung zugeordneten Prüfspannung, die auf dem Leistungsschild angegeben ist, sondern wie die Probe der Sekundärwicklung gegen das Gehäuse mit einer Spannung von 2 kV vorzunehmen. Die Spannung für die Windungsprobe beträgt das 2,5fache der verketteten Nennspannung.

Die Wandler der Formen VTP 42 S, VTP 64 S und VTP 86 S sind Trockenspannungswandler mit Porzellanisolation. Die in mehrere Abschnitte aufgeteilte Oberspannungswicklung liegt in einem U-förmig profilierten Porzellanringkörper mit aufgarniertem Isolator; sie ist mit einer die Hohlräume ausfüllenden Spezialimprägnierung versehen. Um den Porzellankörper mit der Oberspannungswicklung ist der Eisenkern vom Manteltyp geschachtelt, auf dessen Mittelsteg die Unterspannungswicklung angebracht ist. Der Porzellankörper ist zum Schutze gegen mechanische Beschädigung mit einer zweiteiligen Metallschale versehen. Auf der Metallschale befindet sich der plombierbare Klemmkasten und daneben die Erdungsschraube.

Lichttechnik.

DK 621.327.31 : 535.33

Die Strahlung der Hochdruckentladung in Quecksilberdampf in verschiedenen Bereichen des Spektrums. [Nach J. Kern, Z. techn. Phys. 19 (1938) S. 249; 5 S., 8 Abb.]

Abgesehen von Messungen der Lichtausbeute der Quecksilber-Hochdruckentladung in Abhängigkeit vom Druck und vereinzelten Angaben im Schrifttum sind systematische Messungen der Abhängigkeit der Strahlungsausbeuten der Quecksilber-Hochdruckentladung von der Leistungsaufnahme je cm Bogenlänge, vom Druck und vom Rohrdurchmesser in den einzelnen Spektralbereichen bisher nicht gemacht worden. In der vorliegenden Arbeit werden deshalb die Ergebnisse umfangreicher Messungen der Strahlungsausbeute in Abhängigkeit von diesen drei, die Strahlung hauptsächlich beeinflussenden Größen mitgeteilt. Die Messungen wurden für die sichtbare Strahlung und für das langwellige (3000 bis 4000 Å) und mittelwellige (2700 bis 3200 Å) Ultraviolett ausgeführt. Dabei wurde der Druck von 2 bis 18 Atmosphären, die Leistungsaufnahme je cm Bogenlänge von 30 bis 80 W und der Rohrdurchmesser von 5 bis 15 mm variiert. In diesem Bereich ergaben sich bei Variation dieser drei Größen, wobei bei der Messung immer 2 Größen konstant gehalten wurden, folgende Gesetzmäßigkeiten: Licht- und Ultraviolettausbeuten nehmen mit steigender Leistungsaufnahme je cm Bogenlänge zu. Weiterhin nimmt die Lichtausbeute mit wachsendem Druck zu, während die Strahlungsausbeute im Ultraviolett bei höheren Leistungen je cm Bogenlänge vom Druck unabhängig ist und bei kleineren Leistungen etwas mit dem Druck ansteigt. Mit wachsendem Rohrdurchmesser nimmt die Lichtausbeute zu und die Ultraviolettausbeute ab. Der Einfluß aller drei Größen auf die Strahlungsausbeuten ist recht groß. Welcher Einfluß im gegebenen Falle überwiegt, hängt davon ab, an welcher Stelle des oben genannten Bereiches man sich befindet.

Eine besonders einfache Beziehung besteht zwischen Lichtstrom bzw. Strahlungsstrom im Ultraviolett und der aufgenommenen Leistung je cm Bogenlänge. Sie nehmen mit der Leistung linear zu. Der Lichtstrom Φ läßt sich darstellen durch die Formeln: $\Phi = f_1(g)\, d^{f_2(g)}\, (L - A)$, wo g der Spannungsabfall je cm Bogenlänge, d der Rohrdurchmesser und L die Leistung je cm Bogenlänge ist. A ist konstant und gleich 9 W/cm. Mit wachsendem Druck nimmt $f_1(g)$ zu und $f_2(g)$ ab. Die beiden durch Interpolation ermittelten Funktionen werden in der Arbeit angegeben. Der Strahlungsstrom im Ultraviolett S ist darstellbar durch: $S = f(d, g)\,(L - A)$, wo $f(d, g)$ mit wachsendem Durchmesser abnimmt und von g nur wenig abhängig ist. Die Meßergebnisse werden im Anschluß an die Messungen besprochen. *eb.*

Verkehrstechnik.

DK 621.335.43-831.1(489)

Die Obusse der Kopenhagener Straßenbahn. [Nach Verkehrstechnik 19 (1938) S. 419; 3½ S., 5 Abb.]

Die Kopenhagener Straßenbahn hat 1938 zwei Obuslinien mit insgesamt rd. 22 km Streckenlänge und zwölf Stück, leer etwa 8,9 t wiegende, Dreiachs-Eindeck-Obusse in Betrieb genommen. Der Antrieb erfolgt durch einen 630 kg schweren, zentral angeordneten Verbundmotor von 62 kW Dauerleistung über ein Ausgleichgetriebe, Kardanwellen und Schneckengetrieben (Untersetzung 1 : 9,33) zu den beiden Hinterachsen. Die Schützsteuerung für Fahren und Kurzschlußbremsen wird durch einen unter dem Fahrersitz befindlichen Steuerschalter betätigt. Er hat für Fahren fünf Widerstandsstellungen, eine Stellung mit vollem Feld, drei Stellungen für Schwächung des Nebenschlußfeldes und schließlich eine Stellung für Schwächung auch des Hauptfeldes. Die Dauerbelastung des Motors ist für Fahren mit geschwächtem Feld bemessen. Das Nebenschlußfeld ist also nicht dafür berechnet, dauernd vollen Strom zu führen. Durch eine Raste auf der 7. Fahrstellung wird der Fahrer daran erinnert, daß er nicht zu lange mit niedrigerer Geschwindigkeit, d. h. mit vollerregtem Nebenschlußfeld fahren soll. Die Bedienung der Kurzschlußbremsung wird durch einen rechts vom Fahrfußhebel liegenden Bremsfußhebel bewirkt. Bei Rückschaltung aus voller Fahrt sorgt ein Ausgleichrelais für die Unterdrückung etwaiger Stromrückgewinnung auf den Fahrstellungen. Der Bremsfußhebel bewirkt auf drei Stellungen Kurzschlußbremsung allein, daran anschließend Kurzschlußbremsung mit der Druckluftbremse. Betriebserfahrungen zeigten, daß die Kurzschlußbremse im allgemeinen zum betriebsmäßigen Anhalten genügt. Die Anlaß- und Bremswiderstände befinden sich vorn zwischen den Trägern des Fahrgestells. Sieben Hauptstromschütze und vier Schütze für Nebenschlußstrom befinden sich in zwei getrennten Gruppen am Fahrgestellrahmen. Das Fahrzeug hat 30 Sitz- und 27 Stehplätze und erreicht im Mittel bei 435 m Haltestellenabstand eine Reisegeschwindigkeit von 22 km/h. Der Stromverbrauch beträgt nach im Sommer vorgenommenen Messungen rd. 115 Wh/tkm.

Bemerkenswert ist die Begründung für die Auswahl der elektrischen Ausrüstung, wobei nur die allein in England verwendete Schützsteuerung in Verbindung mit Verbund- oder mit Reihenschlußmotoren in Frage kam. Der Verfasser meint, Reihenschlußmotoren seien im Obusbetrieb für die unter allen Umständen gewünschte elektrische Bremse ungeeignet. Dies trifft nicht zu. Es sei in diesem Zusammenhang z. B. nur an die Nutz- und Widerstandsbremsschaltungen mit Erregerbatterien erinnert[1]). Bei solchen Schaltungen werden Bremskennlinien erreicht, die in ihrem Verlauf (Drehmomentbegrenzung und damit geringere Beanspruchung der Getriebeteile) ebenso günstig sind wie die der Verbundmotoren. Von den in engere Wahl gezogenen Verbundmotor-Ausrüstungen schieden die Systeme mit unmittelbarer Steuerung des Motornebenschlußfeldkreises mit Rücksicht auf die dann zu groß ausfallenden Motornebenschlußfelder bzw. Motorbauhöhen aus. Nutzbremse wurde mit Rücksicht auf den geringen Rückgewinn bei Verkehrsanlagen in ebenem Gelände und die unvermeidliche Vermehrung der Fehlerquellen nicht angewendet. (Die praktische Ausführung weist außerdem noch den Nachteil auf, daß für Widerstandsbremsung nur eine einzige Stellung übrig bleibt.) Schließlich wurde auch von dem sogenannten „Londoner System" abgesehen, das einen einzigen Fußhebel sowohl für Fahren als auch für elektrisches Bremsen verwendet[2]), während die Druckluftbremse allein mit dem zweiten Fußhebel bedient wird. Als Grund für die Ablehnung werden die wesentlichen fahrtechnischen Vorteile der völlig getrennten Verteilung von Fahr- und Bremsfunktionen auf zwei Fußhebeln angegeben. Von einem Hilfsantrieb mit Akkumulatorenbatterie wurde wegen des größeren Stromverbrauches, des größeren Beschaffungspreises und der höheren Unterhaltungskosten abgesehen. *A. Hs.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.395.2

25 Jahre Siemens-Amt. [Nach W. Jaekel, Siemens-Z. 18 (1938) S. 426; 4 S., 8 Abb.]

Das im Titel der vorliegenden Arbeit gekennzeichnete technische Jubiläum ist deswegen beachtlich, weil es sich dabei um eine der größten Privatfernsprechanlagen der Welt handelt, die in technischer und organisatorischer Hinsicht vorbildlich ist. Die

[1]) ETZ 53 (1932) S. 451 u. 479; 54 (1933) S. 1183; 55 (1934) S. 877.
[2]) R. Spies, ETZ 57 (1936) S. 117.

Gründung der Werkszentrale und die Einschaltung der ersten 600 Teilnehmer fiel in eine Zeit, als das ganze Wählersystem noch stark umstritten war. Die neue Werkszentrale faßte den bisher in einer ganzen Anzahl von handbedienten Zentralen vermittelten Fernsprechverkehr zusammen. Das Wachsen der Teilnehmerzahl beweist, wie sich allgemein der Geschäftsverkehr mehr und mehr auf die Benutzung des Fernsprechers einstellte. Schon während des Krieges mußte die Zentrale auf 4000 Teilnehmer erweitert werden, und einige Jahre später mußten Unterzentralen geschaffen werden. Gegenwärtig besteht die Anlage aus einer Hauptzentrale, fünf Unterzentralen, die über eigene Kabel an die Hauptzentrale angeschlossen sind, sowie neun Nebenzentralen, die durch posteigene Kabel verbunden sind. Insgesamt sind an diese Zentralen etwa 13000 Teilnehmer angeschlossen. Für den Postverkehr gibt es eine Nebenstellenzentrale für 2400 Teilnehmer sowie mehrere kleinere bis zu einem Umfang von 400 Teilnehmern. Die Hausapparate führen täglich insgesamt 200000 Gespräche, während die Postapparate monatlich etwa 300000 Orts- und 18000 Ferngespräche im ankommenden und abgehenden Verkehr führen. Insgesamt stehen dafür 200 Amtsleitungen zur Verfügung, von denen 34 unmittelbar zum Fernamt führen.

Abb. 5. Neuzeitliche Nebenstellenzentrale eines großen Industrieunternehmens.

Die in Abb. 5 gezeigte Nebenstellenzentrale ist vor allem mit Rücksicht auf einfachste Bedienung gestaltet. Ein ankommender Anruf macht sich durch das Aufleuchten einer Lampe bemerkbar. Man braucht dann nur den zugehörigen Knopf zu drücken, die Nummer der gewünschten Nebenstelle zu wählen und einen Durchschaltknopf zu drücken, worauf die Verbindung hergestellt ist. Zum Wählen wurde ein Zugnummernschalter entwickelt, der durch gerade verlaufende Handbewegungen betätigt wird. Es hat sich das als körperlich weniger anstrengend erwiesen.

Das Netz dieser Fernsprechanlagen ist so aufgebaut, daß Erweiterungen und Umlegungen keine Schwierigkeiten machen und daß Störungen möglichst überhaupt nicht vorkommen können. Von jeder Fensterachse führt ein Rohr zu einem im Flur angebrachten Endverteiler, der die Leitungen von etwa sechs Fensterachsen sammelt. Die Endverteiler eines Stockwerkes oder Gebäudeteils sind durch 20paarige Kabel mit einem Unterverteiler verbunden. Sämtliche Unterverteiler sind durch entsprechend starke Kabel an den Hausverteiler geführt, der seinerseits durch Röhrenkabel mit der Kabelaufteilung und dem Hauptverteiler im Siemens-Amt verbunden ist. Die Lötstifte der Verteiler sind übersichtlich numeriert, so daß man an Hand von Verteilerbüchern die Leitung eines jeden Anschlusses bis ins Amt verfolgen kann. Beim Umzug eines Teilnehmers wird die neue Linienführung festgelegt, worauf die nötigen Umlötungen ausgeführt werden. Für jeden Anschluß ist eine Übersichtskarte vorhanden, auf der die Linienführung eingezeichnet ist.

Besonders ausgebildet wurde die statistische Erfassung der sog. Innenstörungen, also der in den Zentralen vorkommenden Unregelmäßigkeiten. Für jede Ausbaustufe des Amtes wird eine Mappe mit Schaltbildern und Wählerzeichnungen der jeweils benutzten Ausführungen bereit gehalten. In diesen Mappen wird bei einer Störung mit Farbstift eingetragen, welche Störungen vorgekommen sind. Durch Symbole wird dabei zwischen mechanischen und elektrischen Störungen unterschieden. Auf diese Weise ermittelt man schwache Stellen an den Wählern und Relais und leistet damit wertvolle Entwicklungsarbeit für die Verbesserung der Systeme. Es liegt auf der Hand, daß auf diese Weise die Zahl der Innenstörungen immer kleiner wird. *eb*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 621.3.015.52

Unregelmäßigkeit in der Überschlagspannung zwischen großen Elektroden. [Nach Y. Ishiguro u. Y. Goscho, Electrotechn. J., Tokio, 2 (1938) S. 215; 2½ S., 6 Abb.]

Während bei Kugelfunkenstrecken eine gewisse Unregelmäßigkeit im Verlauf der Funkenentladungen im Bereich des Unstetigkeitsgebietes seit langem bekannt ist, hat Y. Ishiguro und Y. Goscho weit größere Unregelmäßigkeiten schon bei geringeren Abständen über das ganze untersuchte Schlagweitengebiet von 8 bis 60 cm (entsprechende effektive Überschlagspannungen bis 470 kV) an gut abgerundeten (Krümmungshalbmesser 125 mm) Scheiben von 700 mm Dmr. bei Wechselspannung und einpoliger Erdung festgestellt. Dabei wurden bei 25 cm Schlagweite effektive Spannungswerte zwischen 346 kV bis herunter zu 124 kV entsprechend einem Maximalwert von 7 bzw. 13,4 kV/cm je nach angenommener Berechnungsart gemessen. Die genauere Untersuchung dieser Unregelmäßigkeit ergab besonders dann auffallend niedrige Werte, wenn die Versuche für einige Zeit unterbrochen worden waren. Die Unterschiede konnten wesentlich verringert werden, wenn die Oberfläche der Elektroden mit einem öligen Lappen abgewischt wurde. Noch günstiger war der Erfolg bei Behandlung mit Tetrachlorkohlenstoff. Für praktische Zwecke hat sich zur Vermeidung vorzeitiger Überschläge das schon früher von Nishi empfohlene Verfahren bewährt, den eigentlichen Meßwerten eine Anzahl von Überschlägen mit einer Spannung vorausgehen zu lassen, die das Mehrfache der betreffenden Meßspannung beträgt. (Dies würde dem schon von M. Toepler angewandten „Einbrennen" der Kugeln entsprechen. Der Ber.) *W. W.*

DK 538.24 : 621.3.016.25

Blindleistung und Magnetisierungsarbeit. [Nach F. J. Rutgers, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 29 (1938) S. 409; 6 S., 10 Abb.]

An Hand der graphischen Darstellung der Augenblickswerte von Spannung, Strom und Leistung, wie sie bei der Erregung eines magnetischen Kreises mittels rein sinusförmigen Wechselstroms auftreten, insbesondere in dem Grenzfalle der rein induktiven Belastung, wird gezeigt, daß die Blindleistung durch die Beziehung $Q = \omega A$ gegeben ist, worin A diejenige Arbeit darstellt, die zu einem einmaligen Aufbau des magnetischen Feldes erforderlich ist. Auf die Analogie dieser Beziehung zu der Formel für die Berechnung der mechanischen Leistung einer umlaufenden Bewegung mit Hilfe des Drehmoments $Q = \omega M$ wird hingewiesen. Auf der Beziehung $Q = \omega A$ wird ein Verfahren aufgebaut, um die zur Magnetisierung von Eisen erforderliche Blindleistung aus der Magnetisierungskurve zu berechnen. Der Einfluß der Hysterese- und Sättigungserscheinung auf die Genauigkeit des Verfahrens wird besprochen, ohne zu einer sicheren Abschätzung der Fehler durchzudringen. Zum Schluß behandelte Beispiele lassen auch keinen sicheren Schluß auf die Größe der Fehler zu. Bei einer Anwendung des Verfahrens auf eine Spule ohne Eisen, wie es in dem ersten Beispiel geschehen ist, muß eine vollständige Übereinstimmung mit dem üblichen Verfahren vorhanden sein, da die Beziehung $Q = \omega A$ nur eine andere Darstellungsart der Verhältnisse bedeutet, aber auf denselben Grundformeln beruht. Geringe Abweichungen in der aufgeführten Tafel sind auf ungenaue Rechnung zurückzuführen. *Gbe.*

DK 621.315.614.64 : 537.311.33

Der Einfluß der Feuchtigkeit auf die Gleichstromleitfähigkeit von imprägniertem Papier. [Nach D. A. McLean u. G. T. Kohman, J. Franklin Inst. 226 (1938) S. 203; 17½ S., 10 Abb.]

Der Zusammenhang zwischen der Gleichstromleitfähigkeit, dem Feuchtigkeitsgehalt, der elektrischen Feldstärke und der Zeit der Spannungsbeanspruchung wurde in den Bell Telephone Laboratories an Kondensatorwickeln eingehend untersucht. Die Isolation bestand aus zwei Lagen etwa 0,01 mm starken Papiers. Die Wickel wurden nach der Feuchtraumlagerung mit chloriertem Naphthalin bei 120° imprägniert und durch geeignete Wahl des äußeren Luftdrucks während der Abkühlung auf den gewünschten Feuchtigkeitsgehalt gebracht. In ihrem elektrischen Verhalten unterscheiden sich drei Gruppen mit verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt:

1. Geringe Feuchtigkeit bis etwa 1%. Der Gesamtstrom, bestehend aus Lade- und Leitungsstrom, nimmt mit der Dauer der Spannungseinwirkung stetig ab. 90% des Gesamtstroms sind als reversibler Lade- bzw. Nachladestrom anzusprechen.
2. Mittlerer Feuchtigkeitsgehalt von etwa 1 bis 3%. Der Gesamtstrom wächst mit der Dauer der Spannungseinwirkung an.
3. Höherer Feuchtigkeitsgehalt von etwa 3 bis 4%. Der Gesamtstrom nimmt mit der Zeit ab, was u. U. auf die Ausbildung hochisolierender Schichten in Elektrodennähe zurückzuführen ist.

In allen angeführten Fällen führt eine Erhöhung der Feldstärke zu einer erhöhten Leitfähigkeit. Außerdem verschiebt sich der Charakter der Strom-Zeitkurve bei einer Erhöhung der Feldstärke im selben Sinne wie bei Erhöhung des Feuchtigkeitsgehalts. Die Voraussetzungen der von Evershed stammenden Deutung für die Zunahme der Leitfähigkeit mit der Zeit und der Feldstärke infolge des Zusammenfließens kleinster Wassermengen in kapillaren Hohlräumen faseriger Isolierstoffe unter dem Einfluß des elektrischen Feldes sind nach Ansicht der Verfasser zumindest im Fall geringer Feuchtigkeit (unter 1%) nicht mehr vorhanden. Es wird weiterhin gezeigt, daß entsprechende Erscheinungen auch an Kristalloberflächen mit adsorbierter Feuchtigkeit auftreten. Auf Grund ihrer Beobachtungen halten die Verfasser die allmähliche Abtrennung der ursprünglich durch Adsorptionskräfte gebundenen Ionen und deren Beteiligung am Leitungsvorgang für wahrscheinlich.

tz.

Chemie.

DK 621.355.9

Jodzink-Akkumulator. [Nach Electr. Rev., Lond. 123 (1938) S. 447; 2 S., 6 Abb.]

C. M. R. Balbi und R. S. H. Boulding haben den aus Zink, Zinkjodidlösung und Kohle zusammengesetzten Akkumulator brauchbar gemacht. Er enthält ebenso wie die üblichen Trockenelemente einen Kohlestift, der mit aktiver Masse umpreßt und mit einer geeigneten Hülle umgeben im Zinkzylinder steht. Hier besteht die Masse einfach aus poröser Kohle (wie bei den heutigen mit Luftsauerstoff arbeitenden Elementen); der Zinkpol wird von einem gelochten stark verzinkten Stahlblech gebildet. Der Elektrolyt ist Zinkjodidlösung von der Dichte 1,4 bis 1,5. Der Kohlestift enthält eine Seele von Kupferdraht um der besseren Leitung willen. Bei der Ladung wird Zink und Jod abgeschieden, die sich bei der Entladung wieder zu Zinkjodid vereinigen. Der besseren Wirkung halber sind dem Elektrolyten andere Zink- und Aluminiumsalze zugesetzt. Der Behälter ist aus Glas oder Bakelit oder mit Bakelit bekleidetem Aluminium oder aus gut emailliertem Stahlblech. Bei der Entladung werden je nach der Stromstärke 80 bis 95% der Amperestunden und 65 bis 70% der Wattstunden wiedergewonnen. Dies ist mehr als beim alkalischen und etwas weniger als beim Bleisammler. Die Kapazität wird zu 22 bis 27 Wh je kg angegeben; das ist fast so viel wie beim Bleisammler mit leichten Gitterplatten (30 kWh). Die Spannung bleibt beim Entladen ziemlich konstant (Abb. 6); beim Stehen gehen täglich etwa 1% der Ladung (wie beim Bleisammler) verloren. Auch die Lebensdauer ist mit rund 300 Entladungen etwa gleich der des leichten Bleisammlers. Die Spannung ist freilich nur gegen 1 V. Aber für die Verwendung in Handlampen, Audiometern usw. ist das Fehlen der Säure gegenüber dem Bleisammler ein Vorteil, und der höhere Preis wird gegenüber den Trockenbatterien durch die Aufladbarkeit weit aufgewogen. *K. A.*

Abb. 6. Lade- und Entladelinien.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

DK 620.19(061.3)

Korrosionstagung 1938.

Die „Arbeitsgemeinschaft auf dem Gebiete der Korrosion und des Korrosionsschutzes im NSBDT" veranstaltete ihre vorjährige Korrosionstagung am 15. Nov. An der Durchführung dieser Tagung war neben anderen NSBDT-Vereinen auch der Verband Deutscher Elektrotechniker beteiligt. Die Korrosion an Regel-, Meß- und Absperrorganen wurde in einer großen Reihe von Vorträgen behandelt, von denen hier nur einige aufgeführt werden können.

Dr.-Ing. Kraemer von der Reichsstelle für Wirtschaftsausbau betonte die Wichtigkeit, bei allen Austauschfragen durch gute konstruktive und werkstoffkundliche Arbeit Korrosionsschäden zu vermeiden und durch die Erhaltung von Werkstoffen produktive Arbeit zu leisten. Prof. Dr. Masing ging auf die Frage ein, was die Theorie der Korrosion dem Praktiker gibt. Es sei schwer, auf wissenschaftlicher Grundlage Voraussagen über das Korrosionsverhalten im einzelnen Falle zu machen. Grundsätzliche Erkenntnisse wären aber als wertvolle Grundlage für das Verstehen der Ergebnisse unentbehrlich. Anschließend berichtete Reichsbahn-Oberrat Wolf über Erfahrungen aus dem Reichsbahn-Fahrzeugbau. Geeignete farbige Anstriche und geschickte Konstruktionen wurden von ihm als hauptsächliches Korrosionsschutzmittel bei der Reichsbahn in den Vordergrund gerückt.

Dipl.-Ing. Eggers ging auf Korrosionsfragen bei der Flüssigkeitsmengenmessung ein und erwähnte neben anderen bekannten Korrosionsarten besonders die Berührungs- oder Spaltkorrosion, die selbst bei hochwertigen Metallen zu erheblichen Schäden führen könne. Diese Erkenntnis habe an besonders gefährdeten Stellen häufig zur Benutzung von nichtmetallischen Werkstoffen, wie z. B. Hartgummi, oder zur Verwendung von nichtmetallischen Überzügen geführt, sofern es nicht gelungen wäre, derartige gefährdete Konstruktionsteile aus dem Flüssigkeitsstrom heraus an weniger gefährdete Stellen zu verlegen. Im weiteren Verlauf der Tagung nahm Reg.-Rat Meyer noch einmal zur Frage der Schutzgummierung Stellung.

Korrosionserscheinungen an elektrischen Meß- und Regelgeräten behandelte Dr.-Ing. Lieneweg. Der Redner wies darauf hin, daß gerade an elektrische Regel- und Meßgeräte sehr scharfe Betriebsansprüche z. B. hinsichtlich der Genauigkeit gestellt würden. Den Korrosionsfragen wurde hier bisher besonders große Beachtung geschenkt, da bereits geringfügige Korrosionsangriffe, die bei anderen Verwendungsbereichen unbeachtlich wären, das genaue Arbeiten der Meßgeräte beeinflussen könnten. Neben bekannten Korrosionsarten wären als Ursache von Schäden Zersetzungsprodukte aus den das Meßwerk umgebenden Werkstoffen und Einwirkungen des das Meßgerät durchfließenden Stromes erkannt. Bei elektrischen Meßsonden wurde z. B. eine Änderung der Thermokraft von Thermoelementen infolge von Reduktions- oder Oxydationsvorgängen festgestellt.

Dr. Roll machte interessante Ausführungen über den Einfluß des Oberflächenzustandes von Eisenwerkstoffen beim Auftreten von Korrosionen.

Eine kurze abschließende Zusammenfassung sowie einen Ausblick zur Korrosionsfrage gab Prof. Dr. Schulz.

Sämtliche Vorträge werden demnächst in Buchform als „Korrosion VII" im Buchhandel erhältlich sein und somit eine wertvolle Ergänzung des Korrosionsschrifttums darstellen.

N. Lb.

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH.

Zur Statistik der deutschen Elektrizitätswirtschaft im Jahre 1937.

I. Stromerzeugung und Leistungsfähigkeit*).

DK 621.311.1.003.1(43)

Zur Erläuterung sei vorausgeschickt, daß die statistischen Feststellungen in unserer neuen Ostmark (Österreich), denen des Altreiches nur allmählich angeglichen werden können und in der Reichsstatistik noch nicht aufgenommen worden sind, zumal auch größtenteils über Zeiträume berichtet wird, die zeitlich vor der Angliederung liegen.

Im Jahre 1937 wurden von sämtlichen Elektrizitätswerken im alten Reichsgebiet rd 49 (im Vorj. 41,5) Mrd kWh erzeugt. Die Zunahme der Erzeugung gegenüber dem Vorjahre betrug 15,3% und blieb damit etwas hinter dem Zuwachs der Jahre 1936 und 1935 zurück, der sich jeweils auf 16% stellte. An der Gesamterzeugung des Jahres 1937 waren die öffentlichen Werke mit 27,4 Mrd kWh oder 55,9% (im Vorj. 23,7 Mrd kWh oder 55,7%) und die Eigenanlagen mit 21,6 Mrd kWh oder 44,1% (im Vorj. 18,8 Mrd kWh oder 44,3%) beteiligt. Diese Verhältniszahlen besagen, daß die Eigenanlagen ihre Stellung gut behauptet haben. Vom Jahre 1925, dem Jahre der ersten amtlichen Elektrizitätserhebung, bis zum Jahre 1932 hatte sich der Anteil der Eigenanlagen an der Stromerzeugung von 51,2% auf 42,8% vermindert, um sich dann bis 1937 zwischen 43,3 bis 44,1% zu halten. — Die Nennleistung der Generatoren, die zur Stromerzeugung zur Verfügung standen, bezifferte sich 1937 auf 15,9 (im Vorj. 15,2) Mill kW. Das bedeutende Anwachsen der verfügbaren Leistung der öffentlichen Werke und der Eigenanlagen von 755 000 kW weist auf den großen Strombedarf der hochbeschäftigten gewerblichen Wirtschaft und auf die Auswirkung der vielfach stromintensiven Roh- und Werkstoffproduktion im Rahmen des Vierjahresplanes hin. Hierbei ist noch zu berücksichtigen, daß den neu eingestellten Maschinenleistungen Abgänge veralteter Anlagen gegenüberstanden, so daß die Neuinstallationen allein weit über dem errechneten

*) Im Anschluß an frühere Veröffentlichungen an dieser Stelle [ETZ 39 (1938) H. 7, S. 179; H. 14, S. 354; H. 17, S. 449] werden die neuesten Zahlen auf Grund einer Veröffentlichung des Statistischen Reichsamts [Wirtsch. u. Statist. 18 (1938) S. 630; 4 S., 3 Abb.] und in Vergleich zu den Erzeugungszahlen der vorhergehenden Jahre gebracht. In dem vorliegenden ersten Teil werden die Stromerzeugung und Leistungsfähigkeit behandelt. In zwei weiteren Arbeiten werden die übrigen vom Reichsamt für Statistik angeschnittenen Fragen behandelt.

Abb. 1. Entwicklung der Stromerzeugung 1929 bis 1937.

Abb. 2. Stromerzeugung und Leistungsfähigkeit nach Hauptbezirken laut Reichsstatistik 1933 und 1937.

Zahlentafel 1. Stromerzeugung und Nennleistung der Generatoren für die Jahre 1933 bis 1937.

Jahr	Stromerzeugung			Nennleistung der Generatoren		
	Sämtliche Werke	Öffentl. Werke	Eigenanlagen	Sämtliche Werke	Öffentl. Werke	Eigenanlagen
	in Mill kWh			in 1000 kW		
1933	25 654,1	14 546,1	11 108,0	12 874,9	8 016,1	4 858,8
1934	30 661,2	17 414,2	13 247,0	13 274,0	8 056,4	5 217,6
1935	36 710,2	20 269,6	16 440,6	14 252,5	8 434,5	5 818,0
1936	42 486,8	23 663,9	18 822,9	15 163,1	8 879,6	6 283,5
1937	48 969,2	27 379,6	21 589,6	15 917,8	9 132,6	6 785,2

Zahlentafel 2b. Ziffernmäßiger und prozentualer Anteil der öffentlichen Werke und der Eigenanlagen an der Stromerzeugung und der Leistungsfähigkeit.
Nach Hauptbezirken geordnet für die Jahre 1933 und 1937.
Strom in Mill kWh — Leistung in 1000 kW.

Nr. des Hauptbezirks	Hauptbezirke	1933 (nach neuer Einteilung)						1937					
		Stromerzeugung			installierte Leistung			Stromerzeugung			installierte Leistung		
		insgesamt	öffentliche Werke	Eigenanlagen	insgesamt	öffentliche Werke	Eigenanlagen	insgesamt	öffentliche Werke	Eigenanlagen	insgesamt	öffentliche Werke	Eigenanlagen
I	Rheinland, Westfalen und seit 1935 Saarland	8,13	3,78	4,35	3 659	1 774	1 885	15,86	7,27	8,59	4 583	2 046	2 537
	in %	*100*	*46*	*54*	*100*	*46*	*54*	*100*	*46*	*54*	*100*	*45*	*55*
II	Brdbg. Berlin, Prov. u. Land Sachsen	8,27	5,14	3,13	4 352	2 948	1 404	16,68	10,21	6,47	5 552	3 453	2 099
	in %	*100*	*62*	*38*	*100*	*68*	*32*	*100*	*61*	*39*	*100*	*62*	*38*
III	Bayern, Baden, Württemberg	4,32	2,50	1,82	2 085	1 443	642	8,04	4,92	3,12	2 527	1 657	870
	in %	*100*	*50*	*42*	*100*	*69*	*31*	*100*	*61*	*39*	*100*	*66*	*34*
IV	Hannover, Oldbg., Schl.-Holst., Hansestädte	1,64	1,21	0,43	945	664	281	2,88	1,90	0,98	1 151	761	390
	in %	*100*	*74*	*26*	*100*	*70*	*30*	*100*	*66*	*34*	*100*	*66*	*34*
V	Schlesien, Ostpreußen, Pommern u. Grenzmark	2,11	1,07	1,04	1 069	618	451	3,49	1,78	1,71	1 277	691	586
	in %	*100*	*51*	*49*	*100*	*58*	*42*	*100*	*51*	*49*	*100*	*54*	*46*
VI	Hessen, Hessen-Nassau, Mcklbg., Brschwg., Lippe, Schbg., Hohenz.	1,18	0,84	0,34	765	569	196	2,02	1,30	0,72	828	525	303
	in %	*100*	*71*	*29*	*100*	*74*	*26*	*100*	*64*	*36*	*100*	*63*	*37*
	Deutsches Reich	25,65	14,54	11,11	12 875	8 016	4 859	48,97	27,38	21,59	15 918	9 133	6 785
	in %	*100*	*57*	*43*	*100*	*62*	*38*	*100*	*56*	*44*	*100*	*57*	*43*

Zahlentafel 2a. Ziffernmäßiger und prozentualer Anteil der öffentlichen Werke und der Eigenanlagen an der Stromerzeugung und Leistungsfähigkeit.

Nach Provinzen und Ländern geordnet für die Jahre 1933 und 1937. Anschluß an Zahlentafel 2, S. 355, H. 14 der ETZ 1938. Strom in Millionen kWh — Leistung in 1000 kW.

Hauptbezirksf. Nr.	Landesteil bzw. Land nach neuer Ordnung	1933						1937					
		Stromerzeugung			installierte Leistung			Stromerzeugung			installierte Leistung		
		insgesamt	öffentliche Werke	Eigenanlagen	insgesamt	öffentliche Werke	Eigenanlagen	insgesamt	öffentliche Werke	Eigenanlagen	insgesamt	öffentliche Werke	Eigenanlagen
V	Ostpreußen	253	167	86	99	66	33	431	282	149	179	128	51
	in %	*100*	*66*	*34*	*100*	*67*	*33*	*100*	*65*	*35*	*100*	*71*	*29*
II	Berlin	931	868	63	864	805	59	1 602	1 413	189	1 001	904	97
	in %	*100*	*93*	*7*	*100*	*93*	*7*	*100*	*88*	*12*	*100*	*90*	*10*
II	Brandenburg	1 386	1 073	313	714	538	176	3 258	2 743	515	928	688	240
	in %	*100*	*77*	*23*	*100*	*75*	*25*	*100*	*84*	*16*	*100*	*74*	*26*
V	Pommern	378	207	171	212	149	63	488	238	250	231	150	81
	in %	*100*	*55*	*45*	*100*	*70*	*30*	*100*	*49*	*51*	*100*	*65*	*35*
V	Grenzmark Posen-Westpreußen	49	18	31	40	28	12	36	31	5	13	10	3
	in %	*100*	*37*	*63*	*100*	*70*	*30*	*100*	*86*	*14*	*100*	*77*	*23*
V	Niederschlesien	768	422	346	470	284	186	1 379	749	630	570	287	283
	in %	*100*	*55*	*45*	*100*	*60*	*40*	*100*	*64*	*36*	*100*	*50*	*50*
V	Oberschlesien	668	257	411	248	91	157	1 155	476	679	285	116	169
	in %	*100*	*38*	*62*	*100*	*37*	*63*	*100*	*41*	*59*	*100*	*41*	*59*
II	Sachsen (Provinz)	3 703	1 731	1 972	1 555	793	762	7 783	3 576	4 207	2 084	951	1 133
	in %	*100*	*47*	*53*	*100*	*51*	*49*	*100*	*46*	*54*	*100*	*46*	*54*
IV	Schleswig-Holstein	293	239	54	209	167	42	580	409	171	239	164	75
	in %	*100*	*82*	*18*	*100*	*80*	*20*	*100*	*70*	*30*	*100*	*69*	*31*
IV	Hannover	687	382	305	334	137	197	1 204	567	637	420	179	241
	in %	*100*	*57*	*43*	*100*	*41*	*59*	*100*	*47*	*53*	*100*	*43*	*57*
I	Westfalen	3 099	943	2 156	1 614	597	1 017	5 330	1 604	3 726	1 820	617	1 203
	in %	*100*	*30*	*70*	*100*	*37*	*63*	*100*	*30*	*70*	*100*	*34*	*66*
VI	Hessen-Nassau	610	473	137	491	403	88	1 199	831	368	471	323	148
	in %	*100*	*78*	*22*	*100*	*82*	*18*	*100*	*69*	*31*	*100*	*69*	*31*
I	Rheinland	5 035	2 843	2 192	2 047	1 182	865	9 304	5 328	3 976	2 372	1 309	1 063
	in %	*100*	*57*	*43*	*100*	*58*	*42*	*100*	*57*	*43*	*100*	*55*	*45*
VI	Hohenzollern	4	2	2	3	1	2	7	4	3	4	2	2
	in %	*100*	*50*	*50*	*100*	*34*	*66*	*100*	*57*	*43*	*100*	*50*	*50*
	Preußen	17 864	9 625	8 239	8 900	5 241	3 659	33 756	18 251	15 505	10 617	5 828	4 789
	in %	*100*	*54*	*46*	*100*	*59*	*41*	*100*	*54*	*46*	*100*	*55*	*45*
III	Bayern	2 910	1 539	1 371	1 247	798	449	4 828	2 414	2 414	1 451	853	598
	in %	*100*	*53*	*47*	*100*	*64*	*36*	*100*	*50*	*50*	*100*	*59*	*41*
II	Sachsen (Freistaat)	1 973	1 396	577	1 001	712	289	3 303	2 342	961	1 192	796	396
	in %	*100*	*71*	*29*	*100*	*71*	*29*	*100*	*71*	*29*	*100*	*67*	*33*
III	Württemberg	569	403	166	363	269	94	971	693	278	401	265	136
	in %	*100*	*71*	*29*	*100*	*74*	*26*	*100*	*71*	*29*	*100*	*66*	*34*
III	Baden	840	561	279	475	376	99	2 239	1 804	435	675	540	135
	in %	*100*	*67*	*33*	*100*	*79*	*21*	*100*	*81*	*19*	*100*	*80*	*20*
II	Thüringen	226	65	161	197	98	99	548	137	411	278	111	167
	in %	*100*	*29*	*71*	*100*	*50*	*50*	*100*	*25*	*75*	*100*	*40*	*60*
VI	Hessen	388	276	112	144	91	53	582	375	207	200	117	83
	in %	*100*	*71*	*29*	*100*	*63*	*37*	*100*	*64*	*36*	*100*	*59*	*41*
IV	Hamburg	472	442	30	272	255	17	850	737	113	369	324	45
	in %	*100*	*94*	*6*	*100*	*94*	*6*	*100*	*87*	*13*	*100*	*88*	*12*
VI	Mecklenburg	49	30	19	40	27	13	55	23	32	58	35	23
	in %	*100*	*61*	*39*	*100*	*68*	*32*	*100*	*42*	*58*	*100*	*60*	*40*
IV	Oldenburg	12	5	7	21	10	11	27	13	14	23	10	13
	in %	*100*	*41*	*59*	*100*	*48*	*52*	*100*	*48*	*52*	*100*	*43*	*57*
VI	Braunschweig	94	52	42	68	40	28	142	68	74	81	47	34
	in %	*100*	*55*	*45*	*100*	*59*	*41*	*100*	*48*	*52*	*100*	*58*	*42*
IV	Bremen-Lübeck	177	149	28	109	95	14	214	175	39	99	83	16
	in %	*100*	*84*	*16*	*100*	*87*	*13*	*100*	*82*	*18*	*100*	*84*	*16*
II	Anhalt	48	1	47	21	2	19	189	3	186	69	3	66
	in %	*100*	*2*	*98*	*100*	*10*	*90*	*100*	*2*	*98*	*100*	*4*	*96*
VI	Lippe, Schaumburg-Lippe	32	2	30	17	2	15	33	3	30	15	2	13
	in %	*100*	*6*	*94*	*100*	*12*	*88*	*100*	*9*	*91*	*100*	*13*	*87*
I	Saarland	—	—	—	—	—	—	1 232	342	890	390	119	271
	in %							*100*	*28*	*72*	*100*	*31*	*69*
	Deutsches Reich	25 654	14 546	11 108	12 875	8 016	4 859	48 969	27 380	21 589	15 918	9 133	6 785
	in %	*100*	*57*	*43*	*100*	*62*	*38*	*100*	*56*	*44*	*100*	*57*	*43*

Leistungszugang liegen. Die absolute Vermehrung der vorhandenen Nennleistung der Stromerzeuger, die schon 1936 mit 466 000 kW bei den Eigenanlagen höher war als bei den öffentlichen Werken, wo sie nur 445 000 kW betrug, steigerte sich im Jahre 1937 bei den Eigenanlagen um weitere 502 000 kW, während die Steigerung bei den öffentlichen Werken nur 253 000 kW erreichte. Ganz besonders die Großbetriebe der Chemischen, der Zellstoff- und der Eisenschaffenden Industrie sowie des Steinkohlenbergbaues haben die Erzeugungskapazität ihrer Eigenanlagen vergrößert, was auf die Auswirkung der Vorhaben des Vierjahresplanes zurückzuführen ist. Die vorstehend besprochene Entwicklung ist in Abb. 1 dargestellt, für die Stromerzeugung der Jahre 1929 bis 1937; Zahlentafel 1 umfaßt die Stromerzeugung und die Nennleistung der Generatoren, getrennt nach öffentlichen Werken und Eigenanlagen für die Jahre 1933 und 1937.

Das Statistische Reichsamt hat die im Jahre 1933 aufgestellte Zusammenfassung der gesamten Stromerzeugung in 7 Wirtschaftsgebiete im Jahre 1937 — mit Rückwirkung bis 1933 — einer Neugruppierung nach 6 Hauptbezirken unterzogen, indem teilweise die politischen Grenzen fortgefallen und benachbarte Gebiete nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten in den neuen Hauptbezirken zusammengefaßt wurden. Bei Vergleichen mit früheren Tafeln ist also hierauf Rücksicht zu nehmen.

Die Zahlentafel 2a bringt eine Aufstellung der gesamten deutschen Stromerzeugung nach Landesteilen geordnet. Die gesamte Stromerzeugung der Landesteile ist unterteilt in öffentliche Werke und Eigenanlagen und in gleicher Weise ist die installierte Leistung angeordnet. Die Ziffern geben die Stromerzeugung nach Millionen kWh und die installierte Leistung nach 1000 kW an. Die Zahlentafel 2b bringt die gleiche Aufstellung für die neuen Hauptbezirke. Abb. 2 bringt die Ergebnisse der Zahlentafel 2b in graphischer Form; sie zeigt den ungeheuren Anstieg der Erzeugung durch die Anfügung der Säulen für das Jahr 1937.

Neu aufgenommen sind vom Statistischen Reichsamt Erhebungen über die in der öffentlichen Stromversorgung beschäftigten Personen und über die an diese gezahlten Löhne und Gehälter. Ferner ist eine tabellarische Darstellung der Stromerzeugung der Eigenanlagen nach Gewerbegruppen und Kraftquellen erschienen. Auf diese beiden wichtigen Neuerungen sowie auf die für die Vorjahre behandelten Kraftquellen, nach Landesteilen und Hauptbezirken geordnet, wird in einem zweiten Bericht zurückgekommen werden. *Trb.*

DK 621.311(063.1)

Arbeitstagung der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung und des Reichsverbandes der Elektrizitätsversorgung. — Am 7. und 8. 12. 1938 fand in Berlin unter Teilnahme der Behörden, der Partei, der Wehrmacht und zahlreicher anderer Verbände die diesjährige Tagung der WEV und des REV statt. Zum erstenmal waren auch Vertreter der Ostmark und des Sudetenlandes erschienen. An Stelle des erkrankten Leiters der Wirtschaftsgruppe, Direktor Zschintzsch, umriß Generaldirektor Dipl.-Ing. Bayer in seiner Begrüßungsansprache die Aufgaben und Ziele der deutschen Elektrizitätswirtschaft, unter denen die Versorgung der Landwirtschaft mit billigem Strom und die Tarifordnung[1]) vom 25. 7. 1938 im Vordergrund stehen. Er hielt eine weitere Senkung der Strompreise für die landwirtschaftlichen Betriebe nicht mehr möglich, da die Kosten für die Elektrisierung der Landwirtschaft bereits höher liegen als die Einnahmen und außerdem eine Senkung des kWh-Preises um rd. 30% die Gesamtausgaben des Landwirtes nur um 0,5% verringern würden. Dipl.-Ing. Seebauer wies auf die Aufgabe, die der Elektrizitätswirtschaft im Großdeutschen Reich bevorstehen: Steigerung der Stromerzeugung und Hebung des landwirtschaftlichen Stromverbrauchs. Die Elektrizitätswirtschaft muß zur Erfüllung dieser Aufgaben voll leistungsfähig sein und bedarf hierzu der Unternehmerinitiative. Der Staat will als Unternehmer nur dort eingreifen, wo die Initiative und die wirtschaftliche Kraft des Einzelnen nicht ausreichen. — In seiner Eigenschaft als Reichskommissar für die Preisbildung ging der Gauleiter und Oberpräsident Wagner auf die preisliche Seite der Elektrizitätsversorgung ein. Man kann nicht auf der einen Seite eine radikale Verbilligung der Kilowattstunde fordern, ohne auf die Wirtschaftlichkeit der Versorgungsunternehmen Rücksicht zu nehmen. Anderseits ist es nicht angängig, die Versorgungsunternehmen als Selbstzweck zu betrachten und die Strompreise nur nach der Ertragslage auszurichten. Jedes wirtschaftliche Handeln muß sich zunächst nach den Belangen der Gemeinschaft richten, erst in zweiter Linie darf auf Einzelwünsche Rücksicht genommen werden. Auch Gauleiter Wagner betonte, daß die Elektrizitätswirtschaft ihre Anlagen im Hinblick auf den Vierjahresplan erheblich ausbauen müsse. Gleich wichtig ist die Elektrizitätsversorgung der Landwirtschaft, da sie nahezu allein in der Lage ist, die menschliche Arbeitskraft in der Landwirtschaft zu ersetzen. Die billige elektrische Energie allein nutzt aber nichts, wenn nicht billige Geräte dem Bauern zur Verfügung stehen. Hier ist es auch Aufgabe der Elektrizitätsunternehmen, durch eigne finanzielle Mittel helfend einzugreifen. Gleichzeitig mit diesen Maßnahmen, muß eine Verbilligung der Geräte selbst durch Typenbereinigung durchgeführt werden. Der Vortragende kam auch auf den Wettbewerb zwischen Elektrizität und Gas zu sprechen und kündigte für die Gaswirtschaft ebenfalls eine Tarifordnung an, die demnächst zu erwarten ist.

Außer den eben besprochenen allgemeinen Vorträgen, wurden Fragen der Elektrizitätsanwendung und betriebswirtschaftliche Fragen in verschiedenen Vorträgen behandelt; es sei hierbei auf die Veröffentlichungen an anderer Stelle hingewiesen[2]). *s.*

DK 621.365.45.003.1

Heißwasserspeicher erhöhen häuslichen Durchschnittsstromverbrauch. [Nach G. S. Williams, Electr. Wld., N. Y. 109 (1938) S. 1049; 2½ S., 1 Abb.]

Die Maine-Elektrizitätswerke in den V. S. Amerika haben besonders stark für die Einführung elektrischer Heißwasserspeicher geworben. Zur Zeit sind 2475 Speicher angeschlossen, das sind etwa 3,5% aller Stromabnehmer. Der Durchschnittsjahresstromverbrauch je Haushalt ist dadurch von 427 auf 650 kWh gestiegen. Man verwendet meist große Hochdruckspeicher von 50 Gallons (190 l Inhalt) und einer Heizleistung von 1500 W bei 24stündiger Aufheizung. Es ergab sich ein Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,6, so daß also je Speicher mit einer Belastung von 900 W gerechnet werden mußte. Da zuweilen die Speicher nicht ausreichten, ging man dann dazu über, eine Zusatzheizung einzubauen. Der Stromverbrauch wurde meist in Form eines Sondertarifs mit 2,5 Rpf.[1]) je kWh bei einer garantierten Mindestabnahme verrechnet. Später wurde dann der Heißwasserspeicher-Tarif in den allgemeinen Haushalttarif mit eingebaut und dieser in Form eines Staffeltarifs mit den Stufen 25, 12,5, 5 und 2,5 Rpf je kWh eingeführt. In neuester Zeit ist man nun dazu übergegangen, durch Einbau eines selbsttätigen Zeitschalters die Speicher jeweils 7 Std. lang vom Netz zu trennen, um dadurch eine zusätzliche Belastung während der Spitzenzeit der Werke zu verhindern. Als Tarif wird nunmehr nachstehender Staffeltarif verwendet:

Die ersten 25 kWh im Monat . . 45 Rpf
die nächsten 50 kWh . . . . . . 37½ Rpf

darüber hinaus 5 Rpf. Wo elektrische Heißwasserspeicher mit der oben geschilderten Zeitbegrenzung verwendet werden, werden diejenigen kWh, die über 200 kWh je Monat hinausgehen, mit nur 2,5 Rpf berechnet. Die Praxis hat ergeben, daß dann etwa 110 bis 130 l Heißwasser je Tag mit einem Kostenaufwand von 7,50 RM monatlich bereitet werden können. Es werden nunmehr vier Größen verwendet und zwar: 113, 196, 250 und 325 l. Die Werke geben überraschenderweise 20 Jahre Garantie gegen Korrosionsschäden und sonstige Störungen an den Geräten. *Mö.*

Staatliches Elektrizitätsmonopol in Bulgarien? — Nach Meldungen der bulgarischen Presse hat die Regierung die Absicht, sich ein staatliches Elektrizitätsmonopol zu verschaffen. Der Staat will in Zukunft allein den Strom verkaufen, während die Erzeugung nach wie vor privatwirtschaftlich betrieben werden kann, wobei dem Staat die gesamte Stromerzeugung zu verkaufen wäre. Man erhofft durch diese Maßnahme eine Verbilligung des elektrischen Stromes.

[1]) ETZ 59 (1938) S. 951.
[2]) Elektrizitatswirtsch. 37 (1938) H. 34 u. H. 36, S. 927.

[1]) 1 $ = 2,5 RM.

STATISTISCHE MITTEILUNGEN.

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Großbritanniens Elektroaußenhandel 1937. — Die englische Elektro-Ausfuhr betrug im Jahre 1937 241,1 Mill RM. Gegenüber 1936 ist sie um 43 Mill RM oder 22%, gegenüber 1935 um 67 Mill RM oder 38% gestiegen. Wichtigste Warengruppen (Zahlentafel 1) sind die Gruppen Maschinen und Anlaß- und Schaltvorrichtungen für sie, Kabel und Draht, Telegraphie und Telephonie mit und ohne Draht, die zusammen 1937 über 70% der Ausfuhr stellten und in denen sämtlich die Ausfuhr gegenüber dem Vorjahr erheblich gestiegen ist. Am stärksten war dabei die Zunahme bei Kabeln und Drähten, wo eine fast 50%ige Vergrößerung der Ausfuhr eingetreten ist. Die Betrachtung der geographischen Verteilung der englischen Ausfuhr (Zahlentafel 2) zeigt, daß das britische Empire nach wie

vor wichtigster Abnehmer der englischen Elektroerzeugnisse ist, und zwar gingen 1935 69%, 1937 sogar fast 74% nach den englischen Ländern. Die größten Absatzgebiete waren die Union

Zahlentafel 1. Großbritannien: Elektroausfuhr nach Warengruppen.

Gegenstand	1935 1000RM	1936 1000RM	1937 1000RM	Anteil a. d. Gesamt-Elektroausfuhr 1935 %	1936 %	1937 %
Generatoren, Motoren, Umformer, Transformatoren u. a. el. Masch.	30 981	38 610	44 903	17,8	19,6	18,7
Akkumulatoren u. Elemente	8 957	9 694	10 651	5,2	4,9	4,5
Kabel u. isolierte Drähte	32 723	36 394	54 152	18,8	18,5	22,4
Meß-, Zähl- u. wissenschaftliche Instumente	4 588	5 219	5 393	2,6	2,6	2,3
Anlaß-, Kontroll- und Schaltvorr. f. Motoren	18 655	21 792	25 107	10,7	11,0	10,4
Telegraphie u. Telephonie mit Draht	20 987	21 791	26 004	12,0	11,0	10,8
Drahtlose Telegraphie und Telephonie ausschl. Radiogrammophone	13 889	13 801	16 977	7,9	6,9	7,0
Radioröhren	6 037	4 989	5 807	3,5	2,5	2,4
Glühlampen	6 961	7 364	8 033	4,0	3,6	3,3
Bogenlampen, and. Lampen, Beleuchtungszubehör	5 686	6 212	7 636	3,2	3,0	3,0
Koch- u. Heizapparate	2 710	3 337	4 205	1,6	1,7	1,7
Staubsauger u. a. mechan. Vorr. mit elektr. Antrieb	1 925	2 815	3 692	1,1	1,4	1,5
Kühlschränke bis 1/8 PS u. Teile	.	1 069	2 680	.	0,5	1,3
Zündmagnete, Zündkerzen	1 237	1 291	1 501	0,6	0,7	0,7
Elektroporzellan u. a. Isoliermat.	3 522	3 717	4 573	2,0	1,9	1,9
Isolierrohr	1 464	1 889	2 524	0,9	1,0	1,0
sonstige el. App., Vorr. u. Teile	14 089	17 815	17 303	8,1	9,2	7,1
insgesamt	**174 411**	**197 799**	**241 141**	**100**	**100**	**100**

Zahlentafel 2. Großbritannien: Elektroausfuhr nach Ländern.

Absatzländer	1935 1000RM	1936 1000RM	1937 1000RM	Anteil a. d. Gesamt-Elektroausfuhr 1935 %	1936 %	1937 %
Nach britischen Ländern[1])						
Union v. Südafrika	37 171	43 684	48 969	21,3	22,1	20,3
Australischer Bund	20 624	24 479	37 085	11,8	12,5	15,4
Brit.-Indien	23 879	26 519	28 101	13,8	13,4	11,7
Neuseeland	8 482	12 296	17 472	4,9	6,2	7,3
Brit. Malaya, Ceylon	4 081	5 977	7 836	2,3	3,0	3,3
Irischer Freistaat	6 345	6 554	7 080	3,6	3,3	2,9
Kanada	2 423	3 394	5 399	1,4	1,7	2,2
Brit. Ost- u. Westafrika	2 072	2 591	4 289	1,2	1,2	1,7
Nord- u. Südrhodesien	1 941	1 685	3 664	1,1	0,8	1,5
Palästina	2 975	1 928	2 884	1,7	1,0	1,2
Sonst. brit. Länder	10 167	12 533	14 821	5,8	6,4	6,1
Zus. brit. Länder	120 160	141 640	177 600	68,9	71,6	73,6
Nach fremden Ländern in Europa[1])						
Frankreich	3 663	3 869	3 770	2,1	2,0	1,6
Niederlande	3 371	2 335	3 716	1,9	1,2	1,6
Dänemark	1 978	2 265	2 942	1,1	1,1	1,2
UdSSR	631	1 311	2 545	0,4	0,7	1,1
Schweden	2 547	2 073	2 452	1,5	1,0	1,0
Belgien-Luxemburg	2 101	1 894	2 406	1,2	0,9	1,0
Portugal	1 186	1 135	1 762	0,7	0,6	0,7
Rumänien	970	859	1 723	0,6	0,4	0,7
Polen-Danzig	1 894	4 835	1 658	1,1	2,5	0,7
Griechenland	604	488	1 253	0,3	0,2	0,5
Norwegen	984	958	1 241	0,6	0,5	0,5
Tschecho-Slowakei	937	945	1 017	0,5	0,5	0,4
Schweiz	787	700	775	0,4	0,4	0,3
Sonstig. Länder in Europa	7 660	3 165	3 801	4,4	1,6	1,6
in Übersee						
Argentinien	5 843	7 536	7 993	3,3	3,8	3,3
Iran	1 198	1 082	3 187	0,7	0,5	1,3
China	3 280	2 475	2 971	1,9	1,2	1,2
Brasilien	2 436	4 287	2 823	1,4	2,2	1.2
Ägypten	2 278	1 561	1 943	1,3	0,8	0,8
Portug. Ostafrika	.	1 194	1 158	.	0,6	0,5
Irak	739	910	1 026	0,4	0,5	0,4
Chile	685	985	988	0,4	0,5	0,4
V. S. Amerika	493	492	879	0,3	0,2	0,4
sonstige Länder	7 986	8 805	9 512	4.6	4,5	4.0
zus. fremde Länder	54 251	56 159	63 541	31,1	28,4	26,4
insgesamt	**174 411**	**197 799**	**241 141**	**100**	**100**	**100**

[1]) Geordnet nach der Größe der Ausfuhr 1937.

Zahlentafel 3. Großbritannien: Elektroeinfuhr nach Warengruppen.

Warengruppen	1935 1000RM	1936 1000RM	1937 1000RM	Anteil a. d. Gesamt-Elektroeinfuhr Großbritannien 1935 %	1936 %	1937 %
Generatoren, Motoren, Umformer u nicht bes. ben. Maschinen	3 976	5 514	7 019	8,3	8,8	9,8
Akkumulatoren und Elemente	506	702	926	1,0	1,1	1.4
Kabel u. isolierte Drähte	2 917	4 999	7 359	6,0	8,0	10,3
Meß-, Zähl- u. wissenschaft. Instrumente	3 395	3 467	4 116	7,0	5,5	5,8
Anlaß-, Kontroll- und Schaltvorr. f. Motoren, Läutewerke	645	1 200	1 694	1,4	1,9	2,4
Telegraphie u. Telephonie mit Draht	766	1 800	1 756	1,6	2,9	2,5
Drahtlose Telegr. u. Teleph. einschl. Radiogrammophone	13 033	14 127	12 783	27,4	22,5	17,9
Radioröhren	2 376	2 933	5 450	5.0	4,7	7.6
Glühlampen	1 585	2 131	2 331	3,3	3,3	3,3
Andere Lampen, Scheinwerfer, Beleuchtungszubehör	4 726	6 448	7 043	9,9	10,3	9,9
Koch- u. Heizapparate	1 729	1 823	2 134	3,6	2,9	3,0
Staubsauger u. a. mechan. Vorr. mit elektr. Antrieb	3 021	2 333	3 684	6,3	3,8	5,2
Kühlschränke bis 1/8 PS u. Teile	.	5 461	4 951	.	8,7	7,0
Elektromedizin (außer Röntgenapp.)	990	1 156	1 580	2,1	1,8	2,2
Röntgen-, Ventil- und Leuchtröhren	666	999	1 345	1,4	1,6	1,9
Zündmagnete, Zündkerzen	1 346	1 928	2 242	2,8	3,1	3.1
Kohle f. d. Elektrotechnik	1 409	1 732	1 457	3,0	2,8	2,1
Elektroporzellan u. anderes Isoliermaterial	1 887	1 473	1 715	4,0	2,4	2,4
sonst. elektr. App. u. Vorrichtungen	2 828	2438	1 579	5,9	3,9	2,2
insgesamt	**47 801**	**62 664**	**71 164**	**100**	**100**	**100**

Zahlentafel 4. Großbritannien: Elektroeinfuhr aus wichtigen Ländern.

Herkunftsländer[1])	1935 1000RM	1936 1000RM	1937 1000RM	Anteil a. d. Gesamt-Elektroeinfuhr 1935 %	1936 %	1937 %
V. S. Amerika	13 481	21 181	21 381	28,2	33,8	30,1
Deutschland	10 850	12 327	14 849	22,7	19,7	20.9
Niederlande	7 233	8 074	9 985	15,1	12,9	14,0
Kanada	3 893	3 761	3 585	8,1	6,0	5,0
Schweiz	2 318	2 743	3 546	4,9	4,4	5.0
Belgien-Luxemburg	1 352	2 663	3 529	2,8	4,2	5,0
Schweden	1 413	2 814	2 803	3,0	4,5	3,9
Japan	1 948	2 453	2 658	4,1	3,9	3,7
Frankreich	1 536	1 772	1 195	3,2	2,8	1,7
sonst. brit. Länder	528	550	845	1,1	0,9	1,2
sonst. fremde Länder	3 249	4 326	6 788	6,8	6,9	9,5
insgesamt	**47 801**	**62 664**	**71 164**	**100**	**100**	**100**

[1]) Geordnet nach der Größe der Einfuhr 1937. Da die Einfuhr aus den einzelnen Ländern nicht für alle Warengruppen vollständig ausgewiesen ist, kann die Einfuhr aus den verschiedenen Ländern jeweils um ein Geringes höher sein als oben angegeben.

von Südafrika, Brit.-Indien und der Australische Bund und Neuseeland, die zusammen 1937 fast 55% der Ausfuhr aufnahmen. Europa nahm 1935 17%, 1937 13% der englischen Elektro-Ausfuhr auf. Der Rest ging in die übrige Welt. Genannt seien mit bedeutenderen prozentualen Anteilen Argentinien mit 3,3% und Brasilien, China, Iran mit je 1,2% Anteil und in Europa Niederlande und Frankreich mit je 1,6% Anteil an der englischen Ausfuhr. Die englische Einfuhr betrug 1937 71,2 Mill RM. Sie ist gegenüber dem Vorjahr um 14%, gegenüber 1935 um fast 50% gestiegen. Der Anteil der einzelnen Warengruppen an der Einfuhr ist aus Zahlentafel 3 zu ersehen. Mit Ausnahme von Telegraphie und Telephonie mit und ohne Draht, Kühlschränken und Kohle haben sämtliche Gruppen an der Einfuhrsteigerung teilgenommen, am stärksten war die Zunahme bei Maschinen, Kabeln und Drähten, Rundfunkröhren und Staubsaugern. Unter den Herkunftsländern (Zahlentafel 4) stehen die V. S. Amerika an erster Stelle, gefolgt von Deutschland und Holland. Zusammen haben diese drei Länder 1937 65% der englischen Elektroeinfuhr bestritten, die V. S. Amerika haben dabei den von ihnen gestellten Einfuhrwert von 1936 kaum überschritten während Deutschland seine Einfuhr um 20%, Holland um 24% gesteigert hat.

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.

Messe-Kurztagung des VDE.

Anläßlich der diesjährigen Leipziger Frühjahrsmesse veranstaltet der VDE wieder wie im Vorjahre eine Messe-Kurztagung. Diese Veranstaltung wird im Vortragssaal des Hauses der Elektrotechnik auf dem Gelände der Technischen Messe in Leipzig am Dienstag, dem 7. März 1939 durchgeführt.

Die Kurztagung steht unter dem Gesichtspunkt

„Zeitgemäße Installation"

und sieht für einen Zeitraum von etwa 2½ Stunden eine Reihe von Vorträgen vor, in denen zunächst über ordnungs- und zeitgemäße Installation in Zusammenhang mit den VDE-Vorschriften berichtet wird. Es folgen dann Vorträge über Leichtmetalle und Kunststoffe in der Elektrotechnik unter Berücksichtigung des Installationsgebietes. An diese Vorträge schließen sich einige Referate über Sondergebiete der Installation an, wie Siedlung, Luftschutz, Blitzschutz, Rundfunkanlagen. Die genaue Vortragsfolge wird noch bekanntgegeben.

Kostenlose Teilnehmerkarten können schon jetzt bei der Geschäftstelle des VDE in Berlin-Charlottenburg, Bismarckstraße 33, bestellt werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Bezirk Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Leitungstelegraphie und -telephonie".

Leiter: Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Ingenieur G. Keller VDE, Berlin, am Donnerstag, dem 19. Januar 1939, 20⁰⁰, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Die Meßgeräte der Telegraphie".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Hochspannungsgeräte".

Leiter: Dr.-Ing. E. Krohne VDE.

Vortrag

des Herrn Oberingenieur Dr.-Ing. W. Estorff VDE, Berlin, am Dienstag, dem 24. Januar 1939, 20⁰⁰, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Die Bemessung der Isolation von Hochspannungsanlagen".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Theoretische Elektrotechnik".

Leiter: Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Professor Dr.-Ing. H. Kafka VDE, Prag, am Donnerstag, dem 26. Januar 1939, 20⁰⁰, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Ebene Vektorrechnung und symbolische Methode bei Wechselstromaufgaben".

Inhaltsangabe:

Bedeutung der Zeigerdiagramme,
Ebene Operatoren (Strecker, Dreher und Drehstrecker),
Verwendung der Operatoren für die rechnerische Behandlung von Zeigerdiagrammen,
Einführung eines rechtwinkligen Bezugsystems,
Bedeutung der Scheinwiderstände und Scheinleitwerte,
Vereinfachung der Schreibweise der ebenen Vektorrechnung,
Vorteile der ebenen Vektorrechnung gegenüber der symbolischen Methode,
Eintritt und Kleiderablage frei.

Jahresversammlung

am Dienstag, dem 31. Januar 1939, 20⁰⁰, im Großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen.
2. Jahresbericht.
3. Kassenbericht.
4. Wahl der Rechnungsprüfer.
5. Vortrag des Herrn Direktor Professor Dr. Dr. h. c. P. Debye, Berlin, über das Thema:

„Die Supraleitung".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18⁰⁰ im VDE-Haus, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
19. 1. 1939 „Charakteristische Demonstrationsversuche mit Kathodenstrahl-Oszillographen", Vortragender: Dr. E. Steudel.

Industrieanlagen. Leiter: Dr.-Ing. R. v. Meibom VDE.
20. 1. 1939 „Anforderungen an die Elektrotechnik in Wasserwerken", Vortragender: Oberingenieur Dr. F. Voerste.

Kabel und Leitungen. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. O. Gasser VDE.
23. 1. 1939 Vortragsreihe „Untersuchungen an Baustoffen für Kabel und Leitungen": „Elektrische Messungen", Vortragender: Dr. sc. nat. E. F. Richter VDE.

Elektrische Bahnen. Leiter: Reichsbahn-Bauassessor Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.
24. 1. 1939 Vortragsreihe „Elektrische Kolonialbahnen": „Grundlagen für den Entwurf von elektrischen Kolonialbahnen" a) Wirtschaftliche und geographische Vorbedingungen, Zusammenhänge zwischen Fahrdrahtspannung und Frequenz und Spurweite — Vortragender: Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE; b) Grundsätzliche Fragen der dieselelektrischen Kraftübertragung unter Berücksichtigung des Kolonialbahnbetriebes — Vortragender: Dipl.-Ing. W. Feill.

Stromrichter. Leiter: Dr.-Ing. E. Kubler VDE.
25. 1. 1939 „Hochspannungsgleichrichter (Sendegleichrichter)", Vortragender: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
26. 1. 1939 Vortragsreihe „Ausgewählte Fragen der Rundfunkempfangstechnik": „Gegengekoppelte Verstärker", Vortragender: Oberingenieur H. Bartels.

Hochspannungstechnik. Leiter: Dr.-Ing. G. Hameister VDE.
27. 1. 1939 Vortragsreihe „Die Netze und der Bau ihrer wichtigsten Anlagenteile": „Freiluftanlagen für Höchstspannungen", Vortragender: Oberingenieur Dipl.-Ing. G. Meiners VDE.

VDE Bezirk Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

1. bis 3. Juni 1939 • VDE-Mitgliederversammlung • Wien

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Hansa, Hamburg. a) 21. 1. (Sa), Uhlenhorster Fährhaus: Winterfest. b) 25. 1. (Mi): Jungingenieur-Versammlung.

VDE Bezirk Kurpfalz, Mannheim. 20.1. (Fr.), 20^{15}, Industrie- und Handelskammer: „Explosionsvorgänge und elektrische Geräte für explosionsgefährdete Betriebe". Dr. D. Müller-Hillebrand VDE.

VDE Bezirk Mittelbaden, Karlsruhe. 26. 1. (Do), 20^{15}, El. Inst. T. H.: „Gegenseitige Ergänzung von Mensch und Gerät in der Steuer- und Schutztechnik". Dr. Schimpf VDE.

VDE Bezirk Nordhessen, Kassel. 24. 1. (Di), 20^{00}, Hess. Landesmuseum: „Der heutige Stand der Photozellentechnik". Dipl.-Ing. Schroeder VDE.

VDE Bezirk Ostsachsen, Dresden. 26. 1. (Do), 19^{45}, El. Inst. T. H.: „Anwendung gittergesteuerter Stromrichter in der Industrie". Dr.-Ing. W. Nowag VDE.

VDE Bezirk Pommern, Stettin. 20. 1. (Fr.), 20^{15}, Konzerthaus: „Elektrizitätswirtschaft und Gesetzgebung". Dir. Dipl.-Ing. H. Krämer VDE.

Fachgruppe Elektrotechnik, Gas und Wasser, Gauwaltung Wien. 25. 1. (Mi), 18^{00}, Haus der Technik: „Neuzeitliche Werkstoffe: Hartpapier, Hartgewebe und Kunstharz-Preßstoffe" (m. Lichtb.). Obering. Schenk.

VDE Bezirk Weser-Ems, Stützpunkt Wilhelmshaven. 24. 1. (Di), 20^{00}, Parkhaus: „Drehstrom für Bordnetze und Schiffshilfsmaschinen". (m. Lichtb.). Obering. Haßler.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft. Bezirksgruppe Essen. 26. 1. (Do), 17^{00}, Haus der Technik: „Mehr Licht! Grenzen und Ziele der Leuchttechnik" (m. Lichtb. u. Vorführ.). Dr. W. Köhler.

Bezirksgruppe Karlsruhe. Der in Heft 2 angekündigte Vortrag von Herrn Dipl.-Ing. W. Kircher „Gutes Licht bei der Arbeit und in der Freizeit" ist auf den 24. 1. (Di) verschoben worden.

Bezirksgruppe Köln. 26. 1. (Do), 20^{00}, Lesegesellschaft: „Ausspracheabend über Fragen der Arbeitsbeleuchtung". „Allgemeinbeleuchtung—Arbeitsplatzbeleuchtung, unter besonderer Berücksichtigung der Frage des Luftschutzes". Dir. J. Schaer.

Bezirksgruppe Leipzig-Nord-Westsachsen, Leipzig. 24. 1. (Di), 20^{00}, Grassi-Museum: „Bauen und Beleuchten". Dr.-Ing. C. G. Klein.

Bezirksgruppe Magdeburg-Anhalt, Magdeburg. 24. 1. (Di), 20^{15}, Ver. Techn. Staatslehranstalten: „Das Licht am Fahrzeug" (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. O. Höpcke.

Bezirksgruppe Württemberg-Hohenzollern, Stuttgart. 19. 1. (Do), 20^{00}, T. H.: Gründungssitzung. 1. „Zur Gründung der Bezirksgruppe". Oberbaurat Dr.-Ing. E. Jacob". 2. „Die heute erreichte Entwicklung der Lichttechnik und die Aufgaben der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft" (m. Lichtb. u. Verführ.). Prof. Dr.-Ing. habil. R. G. Weigel.

Arbeitskreis Lichttechnik der Fachgruppe Elektrotechnik, Gas und Wasser, Wien. 24. 1. (Di), 19^{00}, Haus der Technik, Wien, und 25. 1. (Mi), 20^{00}, Deutsche Arbeitsfront, Graz: „Licht und Luftschutz, Erfüllung der luftschutztechnischen Erfordernisse in der Beleuchtung". Dipl.-Ing. L. Schneider.

Außeninstitut der Technischen Hochschule, Berlin. Die in Heft 1 auf S. 30 angekündigte Vortragsreihe „Einführung in die Variationsrechnung und ihre Anwendung" von Prof. Kucharski findet wegen Verhinderung des Vortragenden nicht statt.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin und Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Berlin. 25. 1. (Mi), 19^{30}, Phys. Inst. T. H.: „Fortschritte der Stroboskopie" (m. Vorführ.). P. Drewell.

Verein Deutscher Ingenieure, Fachausschuß für Staubtechnik, Berlin. 31. 1. (Di), 9—14^{30}, Ingenieurhaus: Vortragsreihe.

1. „Beiträge zur Erörterung der technologischen Bedeutung der Feinheit von Industriestauben". Prof. Dr. Andreasen.
2. „Der elementare Mahlraum und seine Bedeutung für die Feinstmahlung". Patentanwalt Dr.-Ing. Meldau.
3. „Über die neuesten Verfahren zur Untersuchung der feinsten Anteile in Tonen und Zementen". Dr. Radczewski.
4. „Ein neues Verfahren zur Bewertung der Staubschutzleistung von Atemfiltern". Dr. Friess.
5. „Anwendung von Druckluft zum Homogenisieren und Fördern staubförmiger Massengüter". Dipl.-Ing. Rosenthal.

mit Aussprache.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Waldemar Braun. — Der Leiter der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie, Herr Dr. jur. Waldemar Braun, konnte am 16. 1. 1939 das 25jährige Jubiläum seiner Zugehörigkeit zur Hartmann & Braun AG. in Frankfurt a. M. feiern, deren Betriebsführer er ist. 1913 war er nach juristischem Studium, längerem Auslandsaufenthalt und mehrjähriger richterlicher Tätigkeit in die von seinem Vater zusammen mit Eugen Hartmann gegründete Meßgerätefabrik eingetreten. 1920 wurde er in den Vorstand berufen, 1938 übernahm er nach dem Tode von Dr. Hartmann-Kempf die Betriebsführung.

Er hat es stets verstanden, den Geist kameradschaftlicher Zusammenarbeit zu erhalten und zu pflegen, den die Gründer dem Werk mitgegeben hatten und ohne den die hohen Qualitätsansprüche, die die Tradition des Werks an die Arbeit jedes einzelnen stellt, nicht zu erfüllen wären.

Neben seiner Berufsarbeit richteten sich Waldemar Brauns Interessen frühzeitig auf die überbetriebliche Zusammenarbeit der Unternehmungen. Schon 1913 veranlaßte er einen Zusammenschluß Frankfurter Industrieller zu einer losen Vereinigung, aus der im Laufe der Jahre der Verband Mitteldeutscher Industrieller wurde. Mehr als 10 Jahre führte Waldemar Braun den Vorsitz dieses Verbandes, der ihn bald auch in den Vorstand der damaligen industriellen Spitzenorganisation, des Reichsverbandes der Deutschen Industrie, entsandte. Die reichen Erfahrungen, die er sich in diesen und vielen anderen wirtschaftlichen und sozialpolitischen Ehrenämtern erworben hatte, schufen, zusammen mit denen seiner richterlichen Tätigkeit, die Voraussetzungen, die ihn besonders zur Übernahme des Amtes eines Leiters der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie befähigten.

Heute, wo die Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie im 5. Jahre ihrer Tätigkeit steht, wird jeder dem Jubilar mit den herzlichsten Glückwünschen zu seinem innerbetrieblichen Gedenktag gerne das Zeugnis ausstellen, daß ihm das schwierige Werk aufs beste gelungen ist, und daß er sich damit um die gesamte deutsche Elektrotechnik ein bleibendes Verdienst erworben hat.

Berichtigungen.

In meinem Aufsatz „50 Jahre Einphasen-Wechselstrom-Reihenschlußmotor" muß in H. 1 der ETZ 60 (1939) S. 12, rechte Spalte, Zeile 10 bis 13 von unten der Satz richtig lauten:

„Infolgedessen werden die Leistung je Pol und die Polteilung verdoppelt und die Zahl der Bürstenbolzen halbiert sich, sofern ausreichender Raum für die Konstruktion zur Verfügung steht." Hans Kother VDE.

In dem Bericht „Prüfungen und Beglaubigungen" ETZ 59 (1938) H. 51, S. 1388, muß die DK-Zahl richtig heißen:

621.317.785

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

cand. el. H.-J. Dreyer, Frankfurt a. M., Elsheimer Straße 5
Dr-Ing. W. Furkert, Radebeul I, Trachauer Straße 29
Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE, Reichsbahn-Bauassessor, Berlin-Siemensstadt, Goebelstr. 117
stud. ing. H. Schüßler, Frankfurt a. M., Günthersburg-Allee 81
Prof. Dr. A. Walther, Darmstadt, Hobrechtstr. 47

Abschluß des Heftes: 13. Januar 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 26. Januar 1939 | Heft 4

Versuche mit großen Stoßströmen.

(Mitteilung aus dem Hochstrom-Stoßprüffeld der Siemens-Schuckertwerke AG., Berlin.)

Von R. Foitzik VDE, Berlin.

DK 621.3.014.33.001.4

Übersicht. Zur Verbesserung des Ableitvermögens der Kathodenfallableiter mit dem Ziel, einen gewitterfesten Überspannungsableiter zu entwickeln, wurde eine aus Kondensatoren bestehende Stromstoßanlage von erheblicher Kapazität errichtet. Der Aufbau dieser Batterie, mit der man im Laboratorium selbst die größten im Blitzkanal vorkommenden Stromstärken erzeugen kann, sowie die Messung so großer Stoßströme mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen wird näher erläutert. Es werden verschiedene elektrodynamische, thermische und thermodynamische Auswirkungen großer Stoßströme beschrieben und mit den entsprechenden, bei natürlichen Blitzen beobachteten Erscheinungen verglichen.

Es hat sich herausgestellt, daß die bisher entwickelten Überspannungsschutzgeräte ihre Aufgabe, Überspannungen abzuleiten, nur bis zu bestimmten Ableitströmen sicher beherrschen, daß sie aber bei größeren Strömen, wie sie bei nahen Blitzschlägen in die Leitung auftreten können, beschädigt oder sogar zerstört werden können. Die Weiterentwicklung der Überspannungsableiter geht deshalb dahin, ihr Ableitvermögen zu steigern, bis sie schließlich diesen außergewöhnlich hohen Beanspruchungen gewachsen sind. Um diese Entwicklung im Laboratorium durchführen zu können, mußte man eine aus Kondensatoren bestehende Stoßanlage schaffen, mit der man neben den sonstigen charakteristischen Größen des Blitzes die für den vorliegenden Zweck besonders wichtige Eigenschaft, nämlich seine große Stromstärke, richtig wiedergeben konnte. Mit Hilfe einer solchen Stromstoßanlage ist es bereits gelungen, den spannungsbegrenzenden Widerstandskörper als das wichtigste Element des Überspannungsschutzgerätes beim Kathodenfallableiter so weitgehend zu verbessern, daß selbst große Stoßströme ohne schädliche Folgen abgeleitet werden können[1]). Wenn man auch heute noch nicht von gewitterfesten Ableitern sprechen kann, so sind damit doch auf dem Wege hierzu beträchtliche Erfolge zu verzeichnen. Im folgenden soll nun über Ergebnisse allgemeiner Art berichtet werden, die bei Laboratoriumsversuchen mit Stoßströmen in der Größenordnung der Blitzströme beobachtet wurden[2]).

Abb. 1. Bestimmung der Halbwertdauer von Stoßentladungen aus den Daten C, L und R des Entladungskreises.

Abb. 2. Hochstromstoß-Batterie.

Der Aufbau der Stromstoßanlage.

Maßgebend für den Aufbau der Stromstoßbatterie war nicht nur, die normalen, d. h. die am häufigsten an Blitzen gemessenen mittleren Werte der Stromstärke, der max. Stromanstieggeschwindigkeit und der Stromflußdauer mit der Stromstoßbatterie wiedergeben zu können, sondern darüber hinaus vor allem auch die weit seltener im Blitzkanal auftretenden Höchstwerte im Versuchsfeld zu erreichen. Um diese Bedingungen zu erfüllen, muß die Stromstoßbatterie bei einer bestimmten Energie eine möglichst große Kapazität, dagegen eine möglichst kleine Induktivität des Entladungskreises haben. Das ergibt sich aus den folgenden Überlegungen. Bei der plötzlichen Entladung eines Kondensators C über eine Induktivität L und einen Widerstand R fließt ein Ausgleichstrom i, der bekanntlich durch Auflösen der Differentialgleichung

$$L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + Ri + \frac{1}{C}\int i\,\mathrm{d}t = 0 \qquad (1)$$

[1]) ETZ 59 (1938) S. 201.

[2]) Die Versuche sind unter wesentlicher Beteiligung von Herrn Dipl.-Ing. W. Siemer durchgeführt worden, der vor allem die Messungen mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen vornahm. Ihm sei auch an dieser Stelle dafür gedankt.

bei kleinem ohmschen Widerstand, wenn R vernachlässigt werden kann, zu

$$i = \frac{U}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \sin \frac{t}{\sqrt{LC}} \tag{2}$$

ermittelt wird. Man sieht, daß der größte Strom zur Zeit $\frac{\pi}{2}\sqrt{LC}$ auftritt und den Wert

$$\frac{U}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \text{ bzw. } \sqrt{\frac{2}{L}}\sqrt{\frac{1}{2}CU^2} \tag{3}$$

aufweist. Der größte Stromanstieg tritt im ersten Moment auf und ist unabhängig von der Größe des Widerstandes R. Er beträgt

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = \frac{U}{L}. \tag{4}$$

Wenn der ohmsche Widerstand im Entladungskreis gleich $2\sqrt{L/C}$ ist, ist der Stromverlauf der Entladung gegeben durch die Beziehung

$$i = \frac{U}{L} e^{-\frac{R}{2L}t} t. \tag{5}$$

Der Zeitpunkt des Strommaximums liegt bei t gleich $2L/R$ und der höchste Stromwert selbst beträgt

$$\frac{U}{e\sqrt{\frac{L}{C}}} \text{ bzw. } \frac{1}{e}\sqrt{\frac{2}{L}}\sqrt{\frac{1}{2}CU^2}. \tag{6}$$

Der größte Stromanstieg ist auch bei der aperiodischen Entladung unabhängig von der Größe von R und tritt ebenfalls bei $t = 0$ auf, wie man leicht ersehen kann, wenn Gl. (5) differenziert und gleich Null gesetzt wird. Er hat ebenso wie in Gl. (4) den Wert U/L.

Abb. 3. Induktivitätsarme Meßwiderstände zur Messung von hohen Stoßströmen mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen.

Die Halbwertdauer T_H des Entladungsstromes beträgt im aperiodischen Grenzfall

$$T_H = 4{,}90 \cdot \frac{L}{R}. \tag{7}$$

Für größere Werte von R kann man T_H aus der Kurve Abb. 1 bestimmen. Es ist darin der Widerstand R in Vielfachen von $2 \cdot \sqrt{L/C}$ auf der Abszisse aufgetragen. Man kann dann die Halbwertdauer T_H in Vielfachen von L/R auf der Ordinate ablesen.

Man sieht aus den in beiden Ausdrücken für den Höchstwert des Stromes [Gl. (3) u. Gl. (6)] vorkommenden Größen $\sqrt{1/2 \cdot CU^2}$ und $\sqrt{2/L}$, daß es zur Erzielung eines großen Entladungsstromes bei Verwendung einer bestimmten Energie der Kondensatorenbatterie $\frac{1}{2}CU^2$ darauf ankommt, die Induktivität L des Entladungskreises möglichst klein zu machen. Die Erfüllung dieser Forderung kann bei einer aus mehreren Kondensatoren zusammengesetzten Stoßanlage entgegen der sonst üblichen Anordnung nur durch Parallelschalten der Kondensatoren erreicht werden — natürlich unter Herstellung kleiner Schleifen. Man hat bei Parallelschaltung vor allem die Möglichkeit, jeden Kondensator einzeln mit dem Prüfling zu verbinden. Dadurch erhält man eine Anzahl von parallelgeschalteten Induktivitäten, die durch die Schleifen der einzelnen Entladungskreise gebildet werden. Bei Parallelschaltung wird aber die Gesamtinduktivität nahezu linear mit der Anzahl verkleinert.

Abb. 4. Kathodenstrahl-Oszillogramme von großen Stoßströmen.

Die Erzielung einer möglichst großen Stromanstiegsgeschwindigkeit, die entsprechend Gl. (4) proportional U/L ist, erfordert ebenfalls Parallelschaltung der Kondensatoren. Denn bei Parallelschaltung von n Kondensatoren bleibt die Spannung U unabhängig von n konstant, während die Induktivität L mit steigendem n etwa linear fällt. Die Stromanstiegsgeschwindigkeit wird also proportional mit der Anzahl der parallel geschalteten Kondensatoren vergrößert. Bei Hintereinanderschaltung von n Kondensatoren dagegen steigt sowohl die Spannung U als auch im allgemeinen die Induktivität L etwa linear mit der Anzahl an, so daß die maximale Stromanstiegsgeschwindigkeit dadurch nicht vergrößert wird.

Der Aufbau der Stromstoßanlage[3]) ist aus Abb. 2 zu ersehen. Sie besteht aus 24 Kondensatoreinheiten mit einer Kapazität von je 2 µF, insgesamt also 48 µF. Die höchste Aufladespannung jedes Kondensators beträgt 52 kV. Die Energie der gesamten Anlage ist also rd. 65 000 Ws. Demnach gehört diese Batterie mit zu den größten bisher ausgeführten Stoßanlagen. Die Kondensatoren sind U-förmig mit nach innen liegenden Durchführungen aufgestellt und dauernd, d. h. sowohl bei der Aufladung als auch bei der Entladung, parallel geschaltet. Das in der Mitte stehende Prüfgerüst ist über eine größere Anzahl von Leitern mit den Klemmen der Kondensatoren verbunden. Bei einer solchen Anordnung ist die gesamte Induktivität des Entladungskreises wegen der Parallelschaltung und der gegenseitigen Lage der Einzelinduktivitäten (der einzelnen Stromschleifen) besonders klein. Rechnungen haben ergeben, daß sie etwa proportional der Höhe des Prüfgerüstes ist. Der Abstand der Kondensatoren von der Mitte sowie der Durchmesser des in der Mitte senkrecht verlaufenden Leiters (bzw. Prüflings) haben nur wenig Einfluß auf ihre Größe. Die Kondensatoren sind für den gedachten Zweck besonders entworfen worden, so daß ihre innere Induktivität den ge-

[3]) Siehe auch: R. Foltzik, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 35. Ferner über einen anderen Aufbau: Gen. Electr. Rev. 38 (1935) S. 126.

ringen Wert von nur 0,7 µH aufweist. Bei Verwendung eines Prüfgerüstes, das etwas niedriger als das im Bild dargestellte ist, ergab sich eine aus kathodenstrahloszillographischen Messungen berechnete Gesamtinduktivität des Entladungskreises von nur 1,12 µH.

Die Messung großer Stoßströme.

Zur Messung der großen Stoßströme wurde ein Nebenschluß-Meßwiderstand von 3 oder 6 mΩ in den Entladungskreis geschaltet und der Spannungsabfall daran mit Hilfe des Hochleistungs-Kathodenstrahloszillographen aufgezeichnet. Ein solcher Meßwiderstand muß tunlichst induktivitätsarm ausgeführt sein. Denn infolge der großen zeitlichen Änderungen des durch den Nebenschlußwiderstand fließenden Stoßstromes von weit mehr als 10 000 A/µs würde schon eine kleine Induktivität des

a i_{max} = 12 300 A c i_{max} = 125 000 A

b i_{max} = 42 000 A d i_{max} = 224 000 A

Abb. 5. Kathodenstrahl-Oszillogramme von großen Stoßströmen bei Entladungen über spannungbegrenzende Widerstandskörper von Kathodenfallableitern.

Widerstandes einen zusätzlichen Spannungsabfall und damit eine Falschmessung ergeben. Außerdem ist der Nebenschlußwiderstand außerordentlich starken magnetischen Feldstärkeänderungen auf Grund seines Einbaues in der Mitte der Stoßbatterie ausgesetzt, so daß bei einem nicht sorgfältig gebauten Widerstand erhebliche Verzerrungen der aufgezeichneten Stromkurve hervorgerufen werden.

Beispiele von praktisch induktivitätsfreien Widerständen, die sich bei den Messungen der hohen Stoßströme gut bewährt haben, sind in Abb. 3 gezeigt[4]). Sie bestehen aus einer größeren Anzahl, z. B. 24 oder 32 parallel geschalteter verdrillter oder bifilar gelegter Konstantandrähte, die am besten strahlenförmig angeordnet werden. Die Spannung wird in der Mitte der dick ausgebildeten Endplatten des Widerstandes, wo die Feldstärke bekanntlich Null ist, abgegriffen und über ein kapazitätsarmes abgeschirmtes Luftmeßkabel zu den Ablenkplatten des Kathodenstrahl-Oszillographen geführt.

In Abb. 4 sind Kathodenstrahl-Oszillogramme von großen Stoßströmen wiedergegeben. Das Oszillogramm 4 a zeigt den Stromverlauf bei einer Entladung der Stromstoßbatterie über einen Widerstand von 0,29 Ω. Die gesamte Induktivität des Entladungskreises war dabei 1,12 µH, der Schwingungswiderstand $Z = \sqrt{L/C} = 0{,}153\,\Omega$, so daß damit etwa der aperiodische Grenzfall $R = 2\sqrt{L/C}$ erfaßt ist. Der maximale Stromwert beträgt 128 000 A bei einer Halbwertdauer von 18,5 µs. Die größte Stromanstiegsgeschwindigkeit wurde zu rd. 40 000 A/µs bestimmt. Abb. 4 b stellt den Stromverlauf bei einer viermal so großen Induktivität des Entladungskreises ebenfalls im aperiodischen Grenzfall dar ($L = 4{,}5\,\mu H$, $R = 0{,}55\,\Omega$, $C = 48\,\mu F$). Die maximale Stromänderung beträgt hierbei rd. 10 000 A/µs, der größte Strom ergibt sich zu 63 000 A bei einer Halbwertdauer von 38 µs. Kleinere

Abb. 6. Ströme im Blitzkanal, nach Messungen in deutschen und amerikanischen Hochspannungsnetzen.

Stromstärken von z. B. 10 000 oder 20 000 A bei verschiedener Halbwertdauer zwischen 10 und 100 µs und bei Stromanstiegsgeschwindigkeiten bis zu 40 000 A/µs können natürlich leicht durch Einschalten der entsprechenden Induktivitäten und Widerstände erhalten werden.

Abb. 7. Maximale Stromänderung (a) und Dauer des Stromes (b) im Blitzkanal. Nach Messungen von Berger (Schweiz), Norinder (Schweden) sowie McEachron und McMorris (V. S. Amerika).

Der größte Strom tritt auf, wenn die Batterie nur über den Meßwiderstand (3 mΩ) kurzgeschlossen wird. Der Strom hat dann einen schwingenden Verlauf (Abb. 4 d). Die Stromstärke erreicht dabei einen Wert von 330 000 A bei einer Periodendauer von 44 µs. Die größte Stromänderung wurde dabei zu etwa 45 000 A/µs

[4]) Ähnliche Widerstände wurden erstmalig von P. L. Bellaschi für den gleichen Zweck benutzt. Electr. Engng. 53 (1934) S. 90.

ermittelt. Der Stromverlauf ist nur schwach gedämpft; nach einer Zeit von 90 µs ist der Scheitelwert des Stromes auf den halben Betrag des ersten Höchstwertes abgefallen[5]). Ein stark gedämpfter Verlauf der Schwingung mit einem maximalen Strom von 211 000 A ist in Oszillogramm 4 c wiedergegeben. Dabei war ein etwa ½ m langer Eisendraht von 2 mm Dmr. in den Entladungskreis geschaltet, der durch die große Stromstärke plötzlich verdampft wurde.

In diesem Zusammenhang ist auch der Stromverlauf bei einer Entladung der Batterie über einen spannungsabhängigen Widerstandskörper der Kathodenfallableiter von Interesse. Bei bestimmter Bemessung erhält man infolge der scharfen Sperrspannung und der starken Spannungsabhängigkeit des Widerstandskörpers nur eine Halbwelle eines ziemlich genau sinusförmig verlaufenden Stoßstromes; das Auftreten weiterer Halbwellen, d. h. einer Schwingung, wird plötzlich beim Schneiden der Nullinie unterbunden. Abb. 5 zeigt einige Kathodenstrahl-Oszillogramme mit einem solchen Verlauf, wobei durch die Widerstandsscheiben der Kathodenfallableiter Ströme von rd. 10 000 A, 40 000 A, 120 000 A und 220 000 A geflossen sind. Im letzten Fall ist außer der ersten Halbwelle noch eine zweite mit einem maximalen Strom von etwa 40 000 A aufgetreten. Der größte Stromanstieg lag bei diesen vier Stromstärken zwischen 1500 A/µs und 30 000 A/µs. Es ist erst in letzter Zeit gelungen, die Widerstandsscheiben der Kathodenfallableiter so zu verbessern, daß diese großen, direkten Blitzschlägen entsprechenden Stoßströme ohne Zerstörung ausgehalten werden. Noch vor einigen Jahren lag ihre Grenzbelastbarkeit bei wenigen tausend Ampere.

Die insgesamt aufgenommenen Kathodenstrahloszillogramme beweisen, daß die mit der Kondensatorbatterie erzeugten Stoßströme in allen Einzelheiten den Blitzströmen der Natur gleichen, die uns aus umfangreichen Untersuchungen von verschiedenen Forschern bekannt sind. Die weitaus größte Zahl der Blitzeinschläge führt danach Ströme, die unter 50 000 A liegen, in etwa 5 % der Fälle kommen aber auch Ströme von mehr als 100 000 A bis zu 200 000 A vor (Abb. 6). Stromstärken über 200 000 A scheinen äußerst selten zu sein. 250 000 A ist wohl die obere Grenze der überhaupt vorkommenden Blitzströme. Auch die Zeitdauer und der maximale Stromanstieg der Blitzströme, die aus kathodenstrahloszillographischen Messungen mit ziemlicher Genauigkeit bekannt sind, werden von den im Laboratorium erreichten Stoßströmen in dem ganzen vorkommenden Bereich gut wiedergegeben. Das bestätigt ein Vergleich der Oszillogramme bzw. der obengenannten Werte mit der Häufigkeitsverteilung in Abb. 7 a und b. Im Laboratorium konnte also selbst die größte in der Natur an Blitzen bisher beobachtete Stromänderung von rd. 40 000 A/µs erreicht werden. *(Schluß folgt.)*

5) P. L. Bellaschi, Electr. Engng. 56 (1937) S. 837 spricht auch in einem solchen Falle von einer Halbwertdauer des Stromes (von 90 µs).

Zur Frage der Messung von Hochfrequenzspannungen und Stoßspannungen kürzester Dauer mit der Kugelfunkenstrecke.

Von P. Jacottet VDE, Berlin.

DK 621.317.728 : 621.317.32.015.33 + .029.6

Übersicht. Die bisher im Schrifttum bekanntgewordenen Ergebnisse der von verschiedenen Seiten ausgeführten Hochfrequenz- und Stoß-Überschlagsversuche an Kugelfunkenstrecken werden vergleichend gegenübergestellt. Der Vergleich gestattet, einen grundsätzlichen Einblick in das Überschlagsverhalten von Kugeln bei ungedämpfter und stark gedämpfter Hochfrequenz sowie bei Stoßspannung kurzer Dauer zu gewinnen.

1. Einleitung.

Nachdem kürzlich einheitliche Eichtafeln[1]) für Kugelfunkenstrecken bei betriebsfrequenten Wechselspannungen, Gleichspannungen und Stoßspannungen neu aufgestellt wurden, interessiert die Beantwortung der Frage, inwieweit diese Eichwerte auch zur Messung von Hochfrequenzspannungen und kurz dauernden Stoßspannungen verwendbar sind. Daher sollen die über den Luftdurchschlag bei Hochfrequenz und Stoß vorliegenden Untersuchungen[2]) daraufhin überprüft werden, welche Schlüsse sich aus ihnen für den Hochfrequenz- und Stoßüberschlag von Kugelfunkenstrecken ziehen lassen.

2. Messungen bei ungedämpfter Hochfrequenzspannung.

Bisher sind Überschlagsversuche mit ungedämpfter Hochfrequenz im Bereich von $3 \cdot 10^4$ bis $2{,}5 \cdot 10^7$ Hz im wesentlichen an Kugeln von 1, 2, 2,5, 5, 6,25, 10, 15 und 17,8 cm Dmr. ausgeführt worden. Einzelheiten über die von den verschiedenen Beobachtern zugrunde gelegten Versuchsbedingungen sowie Angaben über Spannungsmessung, Schlagweiten- und Frequenzbereich sind der Übersicht in Zahlentafel 1 zu entnehmen. Bei den kleineren Schlagweiten wurde die Funkenstrecke meist durch Bestrahlung vorionisiert.

In Abb. 1 bis 3 sind die von Clark und Ryan [1], Reukema [3], Kampschulte [4], Miseré [6] und Luft [8] an Kugeln von 5, 6,25, 10, 15 und 17,8 cm Dmr. gemessenen Hochfrequenz-Überschlagsspannungen für einpolig geerdete und beiderseitig isolierte Kugeln abhängig von der Schlagweite aufgetragen; zum Vergleich wurde außerdem jeweils noch die entsprechende neue IEC-Eichkurve[3]) für Betriebsfrequenz mit eingezeichnet. Abb. 4 zeigt die von Lassen [5] bei 2,5 cm-Kugeln für kleine Schlagweiten und weitgehende Veränderung der Frequenzen gefundenen Überschlagswerte. Schließlich sind in Abb. 5 die von den einzelnen Verfassern angegebenen Hochfrequenz-Überschlagswerte im Verhältnis zur jeweiligen betriebsfrequenten Überschlagspannung (IEC-Eichkurve) abhängig von der Frequenz bzw. Halbwellendauer in logarithmischem Abszissen- und linearem Ordinatenmaßstab dargestellt. Hierbei wurden für die einzelnen Kugeldurchmesser im allgemeinen Überschlagswerte für verschiedene Verhältnisse der Schlagweite s zum Kugeldurchmesser D innerhalb eines Bereiches von etwa $0{,}1 \leq s/D \leq 1{,}0$ berücksichtigt. Aus den hier zusammengestellten Versuchsergebnissen lassen sich nachstehende Schlußfolgerungen ziehen:

a) Unterer Frequenzbereich konstanter Überschlagspannung. In einem Bereich zwischen Betriebsfrequenz und einer kritischen Frequenz, deren Halbwellendauer noch ausreicht, daß die Ionen nach ihrer Bildung noch vor der nächsten Halbwelle aus dem Entladungsraum entweichen können, bleibt die Überschlagspannung konstant[4]). Aus den Versuchsergebnissen nach Abb. 5 kann geschlossen werden, daß die Überschlagspannung für die untersuchten Kugelgrößen und Schlagweitenverhältnisse bis zu Frequenzen von etwa $2 \cdot 10^4$ Hz frequenzunabhängig ist.

Lassen [5], F. Müller [7] und Kampschulte [4] stellten übereinstimmend fest, daß in einem sehr kleinen Schlagweitenbereich [$s \leq 1$ cm; $s/D \leq (0{,}1 \cdots 0{,}15)$] auch für höchste Frequenzen die Überschlagspannung bis zu einer kritischen Schlagweite frequenzunabhängig ist (vgl. Abb. 4). Diese kritische Schlagweite nimmt mit

1) W. Weicker und W. Hörcher, ETZ 59 (1938) S. 1029 u. 1064; W. Weicker, S. 97 dieses Heftes, sowie Neuentwurf von VDE 0430, S. 99 dieses Heftes. Ferner IEC-Veröffentlichung 52/1939.

2) Siehe Schrifttumverzeichnis am Schluß, im Text in eckigen Klammern angegeben.

3) Diese IEC-Eichkurven stimmen mit den neuen VDE-Eichkurven überein, siehe Fußnote 1.

4) Nach Fucks [10] soll infolge von Verzögerungserscheinungen im Entladungsaufbau sogar schon bei unterkritischen Frequenzen eine Erhöhung der Überschlagspannung auftreten.

Zahlentafel 1. Übersicht über Anordnung und Bedingungen bei den Überschlagsversuchen an Kugelfunkenstrecken mit ungedämpfter Hochfrequenz.

	Verfasser	Clark & Ryan [1]	Goebeler [2]	Reukema [3]	Kampschulte [4]	Lassen [5]	Miseré [6]	F. Müller [7]	Luft [8]
2	Hochfrequenzerzeuger	Lichtbogengenerator nach Poulsen-Federal 15 kW	Röhrengenerator 0,5 kW	Lichtbogengenerator nach Poulsen 2 kW	Röhrengenerator 1,5 kW	Röhrengenerator 1,5 kW	Röhrengenerator 4 kW	Röhrengenerator 1,5 und 10 kW	Röhrengenerator 4 kW
3	Spannungsmesser	Kondensator-Voltmeter nach Chubb-Fortescue.	Verbessertes Spiegel-Elektrometer nach Heydweiller	Goldblatt-Elektroskop m. kapazitivem Spannungsteiler	Elektrostatischer Spannungsmesser von H & B bis 10 kV, darüber mit kapazitivem Spannungsteiler	Spiegel-Elektrometer	Hochspannungsmesser nach Starke-Schröder	Elektrostatischer Spannungsmesser	Spiegel-Elektrometer mit kapazitivem Spannungsteiler
4	Anordnung der Kugeln	symmetrisch	symmetrisch	symmetrisch	einpolig geerdet	einpolig geerdet	symmetrisch	symmetrisch	symmetr.; einp. geerd.; symmetr.; einp. geerd.
5	Kugeldurchmesser in cm	17,8	2,05	6,25	1; 2,5; 5; 10; 15	2,5	1,64; 2,26; 4,91; 10; 15	1	5; 10
6	Meßbereich bis zu einem Verhältnis s/D (Schlagweite/Kugeldurchmesser)	0,16	0,2	0,4	3,5; 1,4; 0,7; 0,3; 0,2	0,2	8,5; 8,0; 1,5; 0,7; 0,5	0,4	1,2; 1,2; 0,65; 0,4
7	Höchste gemessene Spannung in kV (Scheitelwert)	74	15	65	75	15	140	14	130
8	Frequenzbereich in kHz	123; 255; 613	85 ··· 120	35 ··· 52; 60 bis 425	73 ··· 108	110; 143; 310; 880; 2450	473 995; 560 995; 428 850	880; 2500; 3300; 12 000; 25 000	470; 370; 460; 360
9	Wellenlängenbereich in m	2440; 1180; 490	3500 ··· 2500	8500 bis 5800; 5000 bis 700	4100 ··· 2800	2700; 2100; 970; 340; 122	630 300; 540 300; 700 355	340; 120; 90; 25; 12	640; 810; 650; 830

wachsender Frequenz ungefähr nach einem Potenzgesetz [5] ab. Clark und Ryan [1] sowie Reukema [3], deren Versuchsergebnisse sich allerdings meist auf Schlagweiten über 1 cm bezogen, konnten indessen eine kritische Schlagweite nicht nachweisen.

b) Mittlerer Frequenzbereich abnehmender Überschlagspannung. Bei Steigerung der Frequenz über den kritischen Wert hinaus findet der Richtungswechsel der positiven Ionen in immer kürzerer Zeit statt. Nach Reukema [3] und Lassen [5] be-

a) beide Kugeln isoliert

	Meßwert	Frequenz Hz
1.	Reukema	3,49 · 10⁴
2.		(0,6 ··· 4,26) · 10⁵
3.	Miseré	5,6 · 10⁵
4.		9,95 · 10⁵
5.	Luft	4,7 · 10⁵

b) eine Kugel geerdet

	Meßwert	Frequenz Hz
1.	Kampschulte	(0,73 ··· 1,08) · 10⁵
2.	Luft	3,7 · 10⁵

Abb. 1. Überschlagspannungen von 5 cm- und 6,25 cm-Kugeln für Betriebsfrequenz und ungedämpfte Hochfrequenz abhängig von der Schlagweite.

steht dann die Möglichkeit, daß ein Teil der während einer Spannungshalbwelle erzeugten positiven Raumladung auch noch während der nächsten Halbwellen im Schlagraum vorhanden ist. Infolge des hierdurch bedingten Anwachsens der Raumladung tritt eine Erniedrigung der Überschlagspannung mit wachsender Frequenz ein, bis schließlich die Zunahme der im Schlagraum zurückbleibenden positiven Ionen immer geringer wird und die Spannung nicht weiter absinkt.

Wie Abb. 5 zeigt, streuen die im Gebiete absinkender Überschlagspannungen von den einzelnen Beobachtern gefundenen Meßpunkte je nach Größe der benutzten Kugeln und je nach Schlagweite außerordentlich stark. Ein eindeutiger Einfluß der Anordnung der Kugeln, ob isoliert oder geerdet, auf die Erniedrigung der Hochfrequenz-Überschlagspannung im Verhältnis zum betriebsfrequenten Wert konnte nicht festgestellt werden. Es dürfte auch

kaum möglich sein, aus den bisher vorliegenden Meßergebnissen genaue zahlenmäßige Schlüsse zu ziehen. Immerhin lassen sich für die der Betrachtung zugrunde liegenden Kugelgrößen und Schlagweitenverhältnisse vielleicht folgende allgemeine Anhaltspunkte gewinnen:

a) beide Kugeln isoliert

Meßwert		Frequenz Hz
1.	Miseré	$4{,}28 \cdot 10^5$
2.	Luft	$4{,}6 \cdot 10^5$

b) eine Kugel geerdet

Meßwert		Frequenz Hz
1.	Kampschulte	$(0{,}73 \cdots 1{,}08) \cdot 10^5$
2.	Luft	$3{,}6 \cdot 10^5$

Abb. 2. Überschlagspannungen von 10 cm-Kugeln für Betriebsfrequenz und ungedämpfte Hochfrequenz abhängig von der Schlagweite.

α) Die Spannungsabsenkung bei Hochfrequenz gegenüber dem Wert bei 50 Hz beginnt mit einer Frequenz von etwa $2 \cdot 10^4$ Hz und hat bei ungefähr $3 \cdot 10^6$ Hz ihren Höchstwert[5]) erreicht. Die tiefste Überschlagspannung liegt etwa 10 bis 20 % unter dem betriebsfrequenten Überschlagswert.

β) Bei konstantem Kugeldurchmesser nimmt die Spannungsabsenkung mit wachsender Schlagweite zu. Beispielsweise liegt für 5 cm-Kugeln die niedrigste Überschlagspannung bei $s/D = 0{,}25$ um etwa 10 %, bei $s/D = 1{,}0$ um etwa 21 % unter dem betriebsfrequenten Wert.

γ) Bei konstantem Verhältnis s/D scheint, soweit sich aus Vergleichsversuchen ein und desselben Beobachters schließen läßt, die Spannungsabsenkung im allgemeinen mit der Größe des Kugeldurchmessers zuzunehmen. Ganz eindeutig ist dieser Einfluß jedoch nicht.

Die Frequenzabhängigkeit der Durchschlagspannung in Luft ist für ebene Elektroden und rechteckförmige Wechselspannung von Böcker [9] theoretisch berechnet worden. Hierbei hat sich hinsichtlich der Lage der kritischen Frequenz und des Frequenzbereiches abnehmender Überschlagspannungen sowie der Größe der Spannungsabsenkung befriedigende qualitative Übereinstimmung zwischen Rechnung und Versuch ergeben.

Meßwert		Kugeldmr. cm	Frequenz Hz
1; 1a	IEC	15	50
2	Miseré	15	$4{,}28 \cdot 10^5$
3	Clark u. Ryan	17,8	$(1{,}23; 2{,}55; 6{,}13) \cdot 10^5$
4	Kampschulte	15	$(0{,}73 \cdots 10{,}8)\ 10^5$

Abb. 3. Überschlagspannungen von 15 cm- und 17,8 cm-Kugeln für Betriebsfrequenz und ungedämpfte Hochfrequenz abhängig von der Schlagweite.

c) **Oberer Frequenzbereich zunehmender Überschlagspannung.** Für Frequenzen über $3 \cdot 10^6$ Hz liegen lediglich Versuche von F. Müller [7] an 1 cm-Kugeln bis zu $s/D = 0{,}4$ vor. Dieser findet, daß bei Frequenzen von $5 \cdot 10^6$ Hz ab die Überschlagspannung wieder ansteigt, um bei etwa $3 \cdot 10^7$ Hz den betriebsfrequenten Wert zu erreichen (Abb. 5). Das Ansteigen der Überschlagspannung wird dadurch erklärt, daß bei sehr hohen Frequenzen infolge der Ansammlung von Elektronen im Schlagraum die positive Raumladung zum Teil aufgehoben und der Durchschlag hierdurch erschwert wird. Die vorliegenden Versuchsergebnisse reichen aber nicht aus, um daraus auch für größere Kugeldurchmesser auf ein ähnliches Überschlagsverhalten bei höchsten Frequenzen eindeutig rückschließen zu können.

d) **Einfluß der Bestrahlung.** Reukema [3] untersuchte den Einfluß der Bestrahlung auf die Höhe der Überschlagspannung an 6,25 cm-Kugeln in einem Schlagweitenbereich s/D zwischen 0,1 und 0,4. Dabei ergab sich, daß die Überschlagswerte bei Betriebsfrequenz lediglich eine geringere Streuung gegenüber den Werten bei nicht bestrahlter Funkenstrecke aufwiesen, wogegen die mittleren Überschlagspannungen in beiden Fällen gleich waren. Bei ungedämpfter Hochfrequenz konnte indessen unter der Einwirkung von ultraviolettem Licht im untersuchten Frequenzbereich zwischen $3 \cdot 10^4$ und $4{,}3 \cdot 10^5$ Hz eine Erniedrigung der Überschlagspannungen festgestellt werden, die durchschnittlich etwa 4 % im Vergleich zu den Überschlagswerten der unbestrahlten Funkenstrecke betrug. Für größere Kugeldurchmesser und

[5]) Ein weiteres Absinken der Überschlagspannung mit der Frequenz wurde allerdings von Clark und Ryan in einem Bereich zwischen $1{,}23 \cdot 10^5$ und $6{,}13 \cdot 10^5$ Hz und von Reukema in einem Bereich zwischen $6 \cdot 10^4$ und $4{,}3 \cdot 10^5$ Hz nicht mehr gefunden (vgl. Abb. 5).

höhere Überschlagspannungen liegen wohl keine systematischen Untersuchungen über den Einfluß der Bestrahlung bei Hochfrequenz vor.

eine Kugel geerdet

Kurve Nr.	Frequenz Hz
I	50
	$1{,}1 \cdot 10^5$
II	$1{,}43 \cdot 10^5$
III	$3{,}1 \cdot 10^5$
IV	$8{,}8 \cdot 10^5$
V	$2{,}45 \cdot 10^6$

Abb. 4. Überschlagspannungen von 2,5 cm-Kugeln für Betriebsfrequenz und verschiedene Werte ungedämpfter Hochfrequenz abhängig von der Schlagweite. — Kritische Schlagweite nach Lassen.

3. Messungen bei stark gedämpfter Hochfrequenzspannung sowie bei Stoßspannungen kurzer Dauer.

a) Gedämpfte Hochfrequenzspannung. Stark gedämpfte Hochfrequenzspannungen, bei denen für den Funkenüberschlag zwischen den Kugeln nur die erste Halbwelle maßgebend ist, ähneln bereits dem Verlauf von Stoßspannungen. Zahlentafel 2 gibt Aufschluß über die von verschiedenen Stellen ausgeführten Überschlagsversuche an Kugeln mit gedämpfter Hochfrequenz und die hierbei benutzten Meßverfahren, Kugelgrößen, Schlagweiten- und Frequenzbereiche.

Zahlentafel 2. Überschlagsversuche an Kugeln mit stark gedämpfter Hochfrequenz.

Verfasser		Algermissen [11]			F.W. Peek jun. [12]	Förster [16]
Ermittlung der Hochfrequenzspannung		Errechnet aus der mit Kugelfunkenstrecke bestimmten statischen bzw. niederfrequenten Spannung unter Zugrundelegung der Konstanten des Schwingungskreises				Gemessen mittels Kathodenstrahl-Oszillographen
Kugeldmr.	cm	1, 2, 5			25	5
Ungefähr. Schlagweitenbereich	s/D	0,1 ··· 1,0			0,4	0,1 ··· 0,5
Frequenzbereich	Hz	$5 \cdot 10^5$	$2{,}5 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^4 \cdots 9 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^5$ bis $7{,}5 \cdot 10^6$
Halbwellenlänge	m	300	60	30	5000 ··· 170	220 ··· 20
Halbwellendauer	µs	1	0,2	0,1	17 ··· 0,6	0,7 ··· 0,07

Messungen von { Algermissen — — — — ; Förster ————

Abb. 6. Zunahme der Überschlagspannung von 5 cm-Kugeln mit wachsender Frequenz bzw. abnehmender Halbwellendauer für stark gedämpfte Hochfrequenzspannung und Stoßspannung kürzester Dauer.

Messungen mit noch höheren Frequenzen, allerdings bei sehr kleinem Kugeldurchmesser (0,5 cm) und entsprechend kleiner Schlagweite, wurden von Alger-

Beobachter	Reukema	Goebeler	Kampschulte			Clark u. Ryan	Lassen	Luft			Miseré			F. Müller
Meßwert	×——×	o-	o	-o-	o	△--△	o——o	+-·-+	+	+	o-·-o	o	-o	o——o
Kugeldmr. D cm	6,25	2	5	10	15	17,8	2,5	5	10 *)	10 **)	5	10	15	1
Schlagweitenverh. s/D ***)	0,2; 0,4	0,1; 0,2	0,5	0,2	0,2	0,15	0,2	0,25; 0,5 0,75; 1,0	0,2; 0,4; 0,6	0,2; 0,4	0,25; 0,5 0,75; 1,0	0,4; 0,6	0,2; 0,4	0,4

*) Beide Kugeln isoliert. — **) Eine Kugel geerdet. — ***) Für konstanten Kugeldurchmesser D liegen die Überschlagspunkte nach Abb. 5 desto tiefer, je größer das Schlagweitenverhältnis s/D ist.

Abb. 5. Frequenzabhängigkeit der Überschlagspannung von Kugelfunkenstrecken bei ungedämpfter Hochfrequenz.

missen [11] (bis $5 \cdot 10^7$ Hz) und von Leontiewa [13] (bis $1,6 \cdot 10^8$ Hz) ausgeführt.

Alle vorliegenden Meßergebnisse zeigen übereinstimmend, was auch von Rogowski [14, 15] bestätigt wird, daß bei stark gedämpfter Hochfrequenz bis etwa (3 bis 5) $\cdot 10^5$ Hz und entsprechenden Halbwellendauern bis herab zu etwa 2 bis 1 µs die Durchbruchspannung im homogenen Feld nicht von dem betriebsfrequenten Wert abweicht. Erst bei noch höheren Frequenzen bzw. noch kleineren Halbwellendauern tritt nach Algermissen [11], Leontiewa [13] und Förster [16] infolge des Entladeverzuges ein starker Anstieg der Überschlagspannung im Vergleich zu Betriebsfrequenz auf. Abb. 6 zeigt für 5 cm-Kugeln nach Algermissen (bei $s/D = 0,1$) und Förster gute Übereinstimmung in der Frequenzabhängigkeit der Überschlagspannung für höchste Frequenzen. Allerdings findet Algermissen mit wachsender Schlagweite ein erheblich steileres Ansteigen der Überschlagspannung als Förster, der einen Einfluß von s/D nicht feststellen konnte. Bei der Bewertung der Meßergebnisse beider Beobachter muß aber die entschieden zuverlässigere Spannungsmessung von Förster mittels Kathodenstrahloszillograph berücksichtigt werden. Da indessen zu wenig Messungen mit verschiedenen Kugelgrößen im höheren Frequenzbereich vorliegen, kann Abb. 6 auch nur als Anhaltspunkt für das Überschlagsverhalten von Kugeln bei stark gedämpfter Hochfrequenz gewertet werden.

Kurve Nr.	s/D
1	0,16
2	0,32
3	0,64
3a	0,76

Kurve Nr.	s/D
1	0,04
2	0,08
3	0,16
4	0,32

isolierte Kugel { ——— positiv; – – – negativ

Abb. 7. Überspannung an Kugelfunkenstrecken (bezogen auf Mindest-Überschlagstoßspannung) abhängig von der Überschlagszeit für 1,5 | 40 µs-AIEE - Stoßwelle (nach Bellaschi und Teague).

b) Stoßspannung kurzer Dauer. Schließlich seien noch die mit eigentlichen Stoßspannungen kurzer Dauer ausgeführten Messungen an Kugelfunkenstrecken erwähnt. Förster [16, 17] untersuchte das Verhalten von 5 cm-Kugeln für Stoßspannungen mit veränderlicher Stirndauer (0,03 bis 0,6 µs) und veränderlicher Halbwertdauer (0,15 bis 1,3 µs) sowie von Rechteckwellen veränderlicher Stoßdauer. Hieraus ergibt sich, daß in Übereinstimmung mit den Messungen bei stark gedämpfter Hochfrequenz keine Spannungserhöhung gegenüber dem Dauerwert bis herab zu Halbwert- bzw. Stoßdauern von etwa 2 µs zu erwarten ist. Erst bei noch kleineren Stoßzeiten sind infolge des Entladeverzuges[6]) höhere Spannungen zum Durchbruch erforderlich, ähnlich wie es in Abb. 6 für gedämpfte Hochfrequenz und Rechteckstoß gezeigt ist.

Die Ergebnisse von Förster bei Anwendung rechteckförmiger Stoßspannungen werden durch kathodenstrahloszillographische Untersuchungen von M. Messner[7]) qualitativ und quantitativ recht gut bestätigt, die dieser an Plattenfunkenstrecken mit 10 cm Dmr. und 2 cm Schlagweite mit Rechteckstößen durchführte, wobei aber im Gegensatz zu Förster die Funkenstrecke nicht bestrahlt wurde. Um eindeutige Angaben über die bei Messung kürzester Stoßspannungen zu den Eichwerten für Kugelfunkenstrecken erforderlichen Spannungszuschläge zu erhalten, sind jedoch noch eingehende Untersuchungen über den ganzen in Frage kommenden Bereich der Schlagweiten und Kugeldurchmesser erforderlich, wobei außerdem der Einfluß der Bestrahlung mit in Betracht zu ziehen wäre.

Abb. 8. Grundsätzliches Überschlagsverhalten von Kugelfunkenstrecken bei ungedämpfter Hochfrequenz sowie bei stark gedämpfter Hochfrequenz und Stoßspannung kürzester Dauer.

Derartige Versuche, allerdings mit möglichst konstant gehaltener Wellenform (± 1,5|40 µs), aber schrittweise erhöhter (überschießender) Stoßspannung wurden von Bellaschi und Teague [20] an 6,25, 25 und 200 cm-Kugeln mit dem Kathodenstrahloszillographen angestellt. Bei Überschlagszeiten (gerechnet vom Beginn der Stoßspannung bis zum Zeitpunkt des Überschlages) kleiner als etwa

[6]) Eingehende Untersuchungen über den Entladeverzug bei Stoßdurchschlägen, finden sich u. a. bei R. Strigel und bei J. Müller-Strobel [vgl. z. B. ETZ 59 (1938) S. 1, 33 u. 60; Arch. Elektrotechn. 32 (1938) S. 721; daselbst weitere Schrifttumsangabe].

[7]) M. Messner. Kathodenstrahloszillographische Untersuchungen des Luftdurchschlags bei großen Schlagweiten. Arch. Elektrotechn. 30 (1936) S. 133.

2 µs ergab sich hierbei ein Anstieg der Durchbruchspannung gegenüber dem Dauerwert. Besonders bemerkbar wird die Spannungserhöhung bei Stirnüberschlägen, sie beträgt beispielsweise bei einer Überschlagszeit von 0,2 µs etwa 25 bis 75 %, wobei die höheren Werte für negative Polarität, kleine Kugeldurchmesser und kleine Schlagweiten gelten. An den vorerwähnten Kugeln wurden für verschiedene Schlagweiten vollständige Stoßkennlinien (Überschlagspannung abhängig von der Überschlagszeit) mittels Kathodenstrahloszillographen aufgenommen. In Abb. 7 sind die sich hieraus ergebenden Überspannungen (bezogen auf die Mindest-Überschlagstoßspannung) abhängig von der Überschlagszeit für die einzelnen Kugeldurchmesser D und Schlagweitenverhältnisse s/D aufgetragen.

In diesem Zusammenhang interessiert die Frage, ob die für die genormte IEC-Stoßspannung 1|50 µs (bei einer Trefferzahl von 50 %) gültigen Eichtafeln[8]) für Kugelfunkenstrecken noch ohne Zuschlag für die gelegentlich benutzte kurze Stoßspannung 1|5 µs verwendbar sind. Dies muß nach den Untersuchungen von F. W. Peek jun. [12], Förster [16] (vgl. auch Abb. 6) sowie Messner[9]) bejaht werden. Auch A. Köhler [21] findet für 10 cm-Kugeln bei 0,8 cm Schlagweite für Stoßspannungen von 4,3 µs Halbwertdauer noch keine Überspannung im Vergleich zum Dauerwert. Bei den deutschen Untersuchungen muß allerdings bedacht werden, daß sie mit verhältnismäßig kleinen Kugeldurchmessern und bei kleinem s/D sowie teilweise mit starker Bestrahlung ausgeführt wurden. In den V. S. Amerika hat man mit Rücksicht auf die dort früher vielfach benutzte 1|5 µs-Stoßspannung gleichfalls Untersuchungen [18] angestellt, ob für diese kurze Welle die Kugelfunkenstrecken-Eichwerte noch ohne Fehler zulässig sind. Dabei haben kathodenstrahloszillographische Vergleichsuntersuchungen, die Bellaschi und McAuley [18, 19] an 25- und 150 cm-Kugeln über den ganzen Schlagweitenbereich (ohne Bestrahlung) vorgenommen, keinen Unterschied in der Mindestüberschlag-Stoßspannung ergeben, wenn an Stelle der längeren AIEE-Stoßwelle 1,5|40 µs die kürzere 1|5 µ-Stoßwelle benutzt wurde. Nach diesen Versuchsunterlagen kann wohl zunächst[10]) gefolgert werden, daß die für die 1|50 µs-Stoßspannung gültigen Eichwerte von Kugelfunkenstrecken mit genügender Genauigkeit auch zur Messung der kurzen 1|5 µs-Stoßspannung zugrunde gelegt werden können.

4. Zusammenfassung.

Die Auswertung der diesem Bericht zugrunde liegenden Untersuchungen hat folgendes ergeben:

Bei **ungedämpfter** Hochfrequenz sinkt die Überschlagspannung von Kugelfunkenstrecken für Frequenzen über $2 \cdot 10^4$ Hz im Vergleich zum betriebsfrequenten Wert ab. Die größte Spannungssenkung tritt bei etwa $3 \cdot 10^6$ Hz auf und beträgt je nach Kugelgröße und Schlagweite 10 bis 22 %. Bei **stark gedämpfter** Hochfrequenz bleibt die Überschlagspannung bis zu einer Frequenz von etwa $3 \cdot 10^5$ Hz (entsprechend einer Halbwellendauer von 2 bis 1 µs) konstant und steigt dann mit wachsender Frequenz schnell an.

Bei **Stoß**spannungen kurzer Dauer liegen ähnliche Verhältnisse wie bei gedämpfter Hochfrequenz vor. Erst bei Halbwertdauern unter etwa 5 bis 2 µs ist mit einer Erhöhung der Mindestüberschlag-Stoßspannung (50 % Treffer) von Kugelfunkenstrecken gegenüber dem Dauerwert zu rechnen.

Abb. 8, welche die Streubereiche der Überschlagspannungen auf Grund der Meßergebnisse der verschiedenen Beobachter enthält, gibt einen anschaulichen Überblick über das grundsätzliche (qualitative) Überschlagsverhalten von Kugeln bei ungedämpfter Hochfrequenz (Gebiet A) sowie bei stark gedämpfter Hochfrequenz und Stoßspannung kürzester Dauer (Gebiet B).

[8]) siehe Fußnote 1.
[9]) siehe Fußnote 7.
[10]) Weitere Versuche zur Klärung dieser Frage sind im Gange.

Schrifttum über das Verhalten von Kugelfunkenstrecken.

a) bei ungedämpfter Hochfrequenzspannung.

1. J. C. Clark u. H. J. Ryan. Sphere Gap Discharge Voltages at High Frequencies. Proc. Amer. Inst. electr. Engrs. 33 (1914) II. S. 937.
2. E. Goebeler. Über die dielektrischen Eigenschaften der Luft und einiger fester Isoliermaterialien bei hochgespannter Frequenz. Arch. Elektrotechn. 14 (1924) S. 491.
3. L. E. Reukema. The Relation between Frequency and Spark-over Voltage in a Sphere-Gap Voltmeter. J. Amer. Inst. electr. Engrs. 46 (1927) S. 1314.
4. J. Kampschulte. Luftdurchschlag und Überschlag mit Wechselspannung von 50 und 100 000 Hz. Arch. Elektrotechn. 24 (1930) S. 525.
5. H. Lassen. Frequenzabhängigkeit der Funkenspannung in Luft. Arch. Elektrotechn. 25 (1931) S. 322.
6. F. Miseré. Luftdurchschlag bei Niederfrequenz und Hochfrequenz an verschiedenen Elektroden. Arch. Elektrotechn. 26 (1932) S. 123.
7. F. Müller. Der elektrische Durchschlag von Luft bei sehr hohen Frequenzen. Arch. Elektrotechn. 28 (1934) S. 341.
8. H. Luft. Überschlagspannungen bei Hochfrequenz mittlerer Wellenlänge an einfachen Anordnungen. Arch. Elektrotechn. 31 (1937) S. 93.
9. H. Böcker. Die Durchschlagsenkung bei Hochfrequenz. Arch. Elektrotechn. 31 (1937) S. 166.
10. W. Fucks. Zündung bei Wechselspannung. Zündung bei pulsierender Gleichspannung. Z. Phys. 103 (1936) S. 709.

b) bei gedämpfter Hochfrequenzspannung und Stoßspannung kurzer Dauer.

11. J. Algermissen. Verhältnis von Schlagweite und Spannung bei schnellen Schwingungen. Ann. Phys., Lpz. 19 (1906) S. 1016.
12. F. W. Peek jun. The Effect of Transient Voltages on Dielectrics. Proc. Amer. Inst. electr. Engrs. 36 (1915) S. 1695, Auszug in ETZ 37 (1916) S. 246.
13. A. Leontiewa. Über die Entladungspotentiale für schnelle elektrische Schwingungen. Phys. Z. 23 (1922) S. 33.
14. W. Rogowski. Townsends Theorie und der Durchschlag der Luft bei Stoßspannungen. Arch. Elektrotechn. 16 (1926) S. 496.
15. W. Rogowski. Stoßspannung und Durchschlag bei Gasen. Arch. Elektrotechn. 20 (1928) S. 99.
16. W. Förster. Das Verhalten von Kugelfunkenstrecken bei Stoßspannungen (10 ··· 100 kV) nach Aufnahmen mit dem Kathodenstrahloszillographen. Dissertation T. H. Dresden 1933.
17. W. Förster. Die Kugelfunkenstrecke bei sehr geringer Stoßdauer. ETZ 55 (1934) S. 689.
18. P. L. Bellaschi. The Measurement of High-Surge Voltages. Trans. Amer. Inst electr. Engrs. 52 (1933) S. 544 u. Diskussion S. 553 f., insbes. Fig. 3.
19. P. L. Bellaschi und P. H. Mc. Auley. Impulse Calibration of Sphere Gaps. Electr. J. 31 (1934) S. 228.
20. P. L. Bellaschi und W. L. Teague. Sphere-Gap Characteristics on Very Short Impulses. Electr. J. 32 (1935) S. 120.
21. A. Köhler. Die Stoßdurchschlagspannung und der Stoßdurchschlag im homogenen Feld bei niederen Drucken (100 bis 760 Torr). Arch. Elektrotechn. 30 (1936) S. 528.

Einführung zu VDE 0430/1939 „Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke"*).

Von W. Weicker VDE, Hermsdorf/Thür.

DK 621.317.728 (083.133)

Die Fassung der bisher gültigen VDE 0430 „Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke in Luft" sowie die zugehörigen Eichtafeln gehen schon auf das Jahr 1926 zurück. Auch für die im Jahre 1933 herausgegebenen ergänzenden VDE 0431 „Regeln für das Messen von Spannungen in Röntgenanlagen mit der Kugelfunkenstrecke" wurden absichtlich nochmals die gleichen, nach der bekannten Toepler-Peekschen Formel berechneten Eichwerte zugrunde gelegt. Dabei war es schon damals bekannt, daß diese Formel nicht für **alle** Schlagweiten gelten könne[1]) und nicht genau übereinstimmende Spannungswerte (bei Messung ein und derselben Spannung mit Kugeln verschiedener Größe) ergibt. Denn, wie an anderer Stelle[2]) näher ausgeführt, entspricht eine für jedes beliebige Verhältnis von s/D als gleichbleibend angenommene Durchbruchfeldstärke an der Oberfläche der Kugeln nur angenähert den wirklichen Verhältnissen. Auf diese Unstimmigkeit war im Laufe der Jahre schon wiederholt hingewiesen und die Herausgabe neuer verbesserter Eichwerte gefordert worden[3]). Dabei erwies es sich als notwendig, von der **Berechnung** der Spannungswerte nach einer bestimmten Formel ganz abzu-

*) Der Entwurf dieser Regeln ist auf Seite 99 dieses Heftes abgedruckt.
[1]) ETZ 50 (1929) S. 1394; 51 (1930) S. 777 u. 778.
[2]) Siehe z. B. ETZ 51 (1930) S. 778; ETZ 59 (1938) S. 1029.
[3]) ETZ 47 (1926) S. 904; 50 (1929) S. 1394; 56 (1935) S. 423, 1243 und 1379; 57 (1936) S. 621; Z. techn. Phys. 17 (1936) S. 159.

gehen und vielmehr völlig neue, nur auf genauen Messungen beruhende Werte zugrunde zu legen. Gefördert wurden diese Bestrebungen durch die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC), die an der Aufstellung einheitlicher Eichtafeln größtes Interesse hatte und daher im Jahre 1935 einen (unter wesentlicher deutscher Mitwirkung entstandenen) Versuchsplan für die Durchführung neuer Versuche mit Hinweisen auf die dabei besonders zu berücksichtigenden Gesichtspunkte herausgab[4]).

Die daraufhin in verschiedenen Ländern und nach verschiedensten Meßverfahren durchgeführten Versuche haben es Anfang 1938 ermöglicht, Grundlagen zu neuen Eichtafeln für Kugelfunkenstrecken aufzustellen, worüber in einem kürzlich erschienenen Aufsatz ausführlich berichtet ist[5]). Nachdem die in einem Unterausschuß der IEC wiederholt vorberatenen Berechnungsgrundlagen auch von der Hauptversammlung der IEC in Torquay im Juni 1938 anerkannt worden waren[6]), wurden von dem Unterausschuß der IEC (in dem auch Deutschland maßgebend mit vertreten war) neue Eichtafeln für Kugeln von 2 bis 200 cm Dmr. sowohl für einpolige Erdung wie für symmetrische Spannungsverteilung, und zwar für betriebsfrequente Wechselspannung sowie für Gleichspannung und Stoßspannung beider Polaritäten aufgestellt. Die Werte sind in der „I.E.C. Publication 52/1939" (die nur noch der endgültigen Zustimmung durch die einzelnen Länder innerhalb der Sechsmonatsfrist bedarf) sowie in ETZ 59 (1938) H. 40, S. 1067 bis 1069, abgedruckt und wurden unverändert in die neuen VDE-Leitsätze übernommen. Zusätzlich sind in diesen neuen Leitsätzen auch Eichwerte für Kugeln von 125 und 175 cm Dmr. mit aufgenommen, was aus wirtschaftlichen Gründen (wegen der mit der Kugelgröße rasch zunehmenden Kosten einer Funkenstrecke) und auch wegen des für sie erforderlichen Raumes erwünscht schien. Dabei lassen sich für diese Kugelgrößen unter Benutzung der oben erwähnten allgemeinen Grundlagen und Hilfskurven verhältnismäßig genaue Eichtafeln auch ohne besondere Messungen aufstellen. Aus denselben Gründen sind auch für später noch Kugeln von 250 und 300 cm Dmr. vorgesehen, deren voraussichtlicher Meßbereich aus Abb. 3 der neuen Regeln zu entnehmen ist.

Außer dieser Erweiterung des Spannungsbereiches ist in den neuen Regeln noch die Aufnahme von Eichwerten für positive und negative Stoßspannung der vom VDE (wie auch international[7])) genormten Stoßwelle 1|50 µs bemerkenswert, von denen die negativen Stoßspannungswerte in Übereinstimmung mit der amerikanischen Auffassung, der sich auch die IEC angeschlossen hat, gleich denjenigen für betriebsfrequente Wechselspannung angenommen worden sind[8]). Über das Zustandekommen der positiven Stoßspannungswerte ist schon an anderer Stelle berichtet worden[9]).

Überdies ist entsprechend der zunehmenden Bedeutung von Stoßspannungsversuchen in den neuen Regeln ein besonderer Paragraph für die Ausführung der Messungen von Stoßspannungen mittels Kugelfunkenstrecke aufgenommen.

Auch über die Verwendbarkeit der Eichwerte für kürzeste Stoßwellen sowie für stark gedämpfte und ungedämpfte Hochfrequenzspannungen sind jetzt sachdienliche Angaben gemacht[10]).

Im übrigen lehnen sich die neuen Leitsätze nach Möglichkeit an die vorerwähnte IEC-Veröffentlichung 52/1939 an. Insbesondere trifft dies für die Angaben über die Beschaffenheit und Anordnung der Kugelfunkenstrecke, die geforderten Schutzabstände gegenüber Fremdkörpern, den zulässigen Meßbereich und die zu erwartende Meßgenauigkeit sowie den Einfluß der Luftverhältnisse, insbesondere der Luftdichte, zu. Für diese ist in den alten Regeln entsprechend den früheren Angaben von F. W. Peek jr. eine nur von der Kugelgröße abhängige Beziehung zwischen Korrektionsfaktor und Luftdichte wiedergegeben. Neuere Messungen, insbesondere von S. Franck[11]), haben jedoch gezeigt, daß für die Änderung der Anfangsspannung bei verschiedener Luftdichte die Verhältnisse des ganzen Schlagraumes maßgebend sind, was sich nur durch umfangreiche Zahlentafeln wiedergeben ließe. Daher ist in den neuen VDE-Regeln in Übereinstimmung mit den Beschlüssen der IEC nur eine vereinfachte, für einen mittleren Kugeldurchmesser gültige und nicht auch von der Schlagweite usw. abhängige Korrektionstafel aufgenommen worden, die den für die meisten Messungen in Betracht kommenden Bedürfnissen ausreichend Rechnung trägt. Insbesondere trifft dies bei der Bestimmung der Überschlagspannung von Isolatoren zu, für die im übrigen in den neuen Regeln noch einige besondere Hinweise mit aufgenommen sind, da bei Isolatoren für die Berücksichtigung der Luftdichte erfahrungsgemäß häufig Zweifel auftreten.

Bezüglich der Schutzabstände sind die Forderungen entsprechend dem Entwurf der IEC-Veröffentlichung 52/1939 etwas strenger als die alten deutschen Leitsätze gefaßt, tragen aber durch sinngemäße Abstufung der Schutzabstände nach Kugelgröße und Schlagweite doch auch den wirtschaftlichen Belangen neuzeitlicher Hochspannungsversuchsfelder möglichst Rechnung. Neu ist dabei die Unterscheidung zwischen geerdeten Flächen und Körpern einerseits, und leitenden Fremdkörpern, die unter Spannung stehen, und isolierenden Fremdkörpern anderseits. Um die häufig stark unterschätzten störenden Einflüsse von Fremdfeldern ganz eindeutig zu berücksichtigen, sind für eine spätere Ergänzung der VDE-Regeln noch Eichwerte für Käfigfunkenstrecken[12]) vorgesehen.

Neu ist die Tafel der für die Messung von betriebsfrequenten Wechselspannungen vorgesehenen Vorwiderstände. Während die alten VDE-Regeln 0430/1926, wie auch die IEC-Veröffentlichung 52/1939 nur die Vorschaltung eines induktionsfreien Dämpfungswiderstandes in der Größenordnung von 1 Ω je Volt empfahlen, ist in dem neuen Entwurf ein nach der Kugelgröße abgestufter Höchstwiderstand von 0,5 bis 1000 Ω je Volt der größten zu messenden Spannung vorgesehen, der unter Berücksichtigung der jeweiligen Kapazität der Kugelfunkenstrecke so berechnet ist, daß in ihm noch kein unstatthafter Spannungsabfall bei Zugrundelegung eines zulässigen Meßfehlers von etwa 1 % auftritt. Für den Mindestwert des Vorwiderstandes, dessen Größe mit Rücksicht auf Begrenzung des Kurzschlußstromes beim Funkenüberschlag und ausreichende Dämpfung von hochfrequenten Ausgleichsschwingungen zu wählen ist, sind keine Zahlenangaben gemacht.

Über die Beschaffenheit der Kugeloberfläche und ihre Nachprüfung sind einige genauere Angaben aufgenommen. Für die Kugelschäfte sind auf Grund neuerer Versuchsunterlagen etwas erleichternde Bestimmungen getroffen, dagegen für die Führung der Anschlußleitung schärfere Forderungen gestellt. Neu ist der Hinweis auf die anzustrebende Genauigkeit bei der Messung der Schlagweite.

Zur Erleichterung der Wahl der zweckmäßigsten Kugelgröße für die höchste in Betracht kommende Spannung ist in einer besonderen Tafel (VI) und in Abb. 3 die für jede Kugelgröße gültige Höchstspannung aufgeführt, wobei jedoch tunlichst im Interesse größerer Meßgenauig-

[4]) ETZ 56 (1935) S. 1164 und 1244; 57 (1936) S. 177 und 377; 59 (1938) S. 161.

[5]) W. Weicker und W. Hörcher, „Grundlagen zu neuen Eichtafeln für Kugelfunkenstrecken" ETZ 59 (1938) S. 1029 und 1064.

[6]) ETZ 59 (1938) S. 370 und 1327, Bericht Ausschuß 8, Punkt 3.

[7]) ETZ 59 (1938) S. 366 und 1327, Bericht Ausschuß 8, Punkt 4.

[8]) J. Inst. electr. Engrs. 82 (1938) S. 672; ETZ 59 (1938) S. 1078.

[9]) ETZ 59 (1938) S. 1068.

[10]) P. Jacottet, Zur Frage der Messung von Hochfrequenzspannungen und Stoßspannungen kürzester Dauer mit der Kugelfunkenstrecke. S. 92 dieses Heftes.

[11]) Arch. Elektrotechn. 21 (1928) S. 318 und 23 (1929) S. 226, sowie 33 (1939) S. 54 (Auszug auf S. 106 dieses Heftes).

[12]) M. Toepler, Z. techn. Phys. 3 (1922) S. 327.

keit nur ein Verhältnis $s/D \leq 0,5$, notfalls bis 0,75, und nur in Ausnahmefällen bis 1 gewählt werden sollte.

Für Messungen von Spannungen in Röntgenanlagen mittels Kugelfunkenstrecke sollen gemeinsam mit der Deutschen Röntgen-Gesellschaft demnächst noch Ergänzungsregeln herausgegeben bzw. die aus dem Jahre 1933 stammenden Regeln VDE 0431 neubearbeitet werden. In diesen Ergänzungsregeln sollen nur die von den allgemeinen Regeln abweichenden zusätzlichen Bestimmungen für Röntgenanlagen aufgenommen werden.

Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke.

VDE-Ausschuß für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke.

DK 621.317.728 (083.133)

VDE 0430.

Entwurf.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Einspruchsfrist: 28. Februar 1939.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Regeln treten am . . . . in Kraft[1]).

§ 2.

Geltungsbereich.

Diese Regeln gelten für die Messung von Gleichspannungen, betriebsfrequenten Wechselspannungen und Stoßspannungen mittels Kugelfunkenstrecke. Ihre Verwendbarkeit für die Messung von Wechselspannungen höherer Frequenz sowie von Stoßspannungen kürzester Dauer ist in § 13 behandelt.

II. Spannungsangaben.

§ 3.

Alle Spannungen werden als Scheitelwerte angegeben. Zur Ermittlung von Effektivwerten ist durch den Scheitelfaktor (bei sinusförmigen Wechselspannungen durch $\sqrt{2}$) zu teilen.

III. Bestimmungen.

§ 4.

Beschaffenheit und Anordnung der Kugelfunkenstrecke.

a) Beschaffenheit der Kugeln.

Als Werkstoff für die Kugeln soll Kupfer verwendet werden. Die Oberfläche der Kugeln muß völlig glatt und frei von Unregelmäßigkeiten sein. In der Umgebung des Überschlagspunktes dürfen auf einer Kugelkappe, deren Durchmesser mindestens gleich dem 0,3fachen des Kugeldurchmessers ist, keine Lötstellen vorhanden sein. Wenn bei gedrückten Halbkugeln an den Polen Unregelmäßigkeiten der Krümmung (Dellen usw.) vorhanden sind, müssen die Überschlagspunkte gegen die Achse um etwa 15° bis 30° versetzt werden.

Der mittlere Kugeldurchmesser darf vom Sollwert [vgl. § 11 b)] um nicht mehr als ± 1% für Kugeln bis 1 m Dmr. und um nicht mehr als ± 2% für größere Kugeln abweichen.

[1]) Genehmigt durch . . . .

b) Messung der Krümmung.

Die Krümmung ist mittels Sphärometers in der Nähe des Überschlagspunktes auf einer Kugelkappe zu messen, deren Durchmesser etwa das 0,3fache des Kugeldurchmessers beträgt. Der Abstand a zwischen den Fußpunkten des Sphärometers soll etwa das 0,25fache des Kugeldurchmessers D betragen. Die mit Sphärometer an verschiedenen Stellen gemessene Höhe der entsprechenden Kugelkappe darf vom Sollwert h ($h = 0,0213\ D$, bei $a = 0,25\ D$) um nicht mehr als ± 0,1% des Kugeldurchmessers D abweichen.

c) Anordnung der Kugelschäfte.

Die tragenden Schäfte der Kugeln dürfen keine scharfen Kanten und Ecken haben. Ihr Durchmesser soll zwischen dem 0,1 und dem 0,2fachen des Kugeldurchmessers liegen. Metallische Führungen für die Schäfte müssen so klein wie möglich sein und dürfen sich während keiner Messung den Kugeln auf einen Abstand nähern, der geringer als die größte während der Messung benutzte Schlagweite ist.

§ 5.

Schutzabstände und Fremdkörper.

a) Allgemeines.

Der Raum, in dem sich die Kugelfunkenstrecke befindet, muß möglichst frei von fremden elektrischen Feldern sowie von Fremdkörpern und größeren Flächen sein, die das elektrische Feld zwischen den Kugeln stören könnten.

b) Schutzabstände gegen geerdete Flächen und Körper.

Wenn eine Kugel geerdet ist, darf der Abstand a vom Überschlagspunkt der spannungführenden Kugel nach der nächstliegenden geerdeten Fläche das in Tafel I bzw. in Abb. 1 angegebene Maß nicht unterschreiten.

Tafel I. Mindest-Schutzabstände gegen geerdete Flächen.

1	2	3
Kugeldurchmesser D	Mindestabstand a für größte Schlagweite	
	$s_{max} \geqq 0,5\ D$	$s_{max} < 0,5\ D$
cm	a_1	$a_2 = a_1 \cdot \frac{s_{max}}{0,5\ D}$
2 ··· 25	5 D	10 s_{max}
50, 75	4 D	8 s_{max}
100, 125	3,5 D	7 s_{max}
150 ··· 200	3 D	6 s_{max}

Bei Erdung einer Kugel und für Schlagweiten $s \geqq 0,5\ D$ müssen außerdem die Abstände vom Überschlagspunkt der spannungführenden Kugel nach geerdeten Körpern und Flächen (z. B. Transformatorkessel, Fußboden, Wand, Decke) größer sein als der Abstand des Überschlagspunktes der geerdeten Kugel von der ihr gegenüber liegenden geerdeten Fläche (für das Beispiel der Abb. 2 also von der Fläche E, wobei a, b, c und d größer als e sein müssen). Die Funkenstrecke muß also bei geerdeter unterer Kugel näher dem Fußboden bei geerdeter oberer Kugel näher der Decke angeordnet sein. Bei waagerechter Aufstellung der Kugeln muß sinngemäß die spannungführende Kugel von geerdeten Flächen weiter entfernt sein als die geerdete Kugel. Für Schlagweiten $s < 0,5\ D$ bei Erdung einer Kugel sowie für alle Schlagweiten bei symmetrischer Spannungsverteilung entfällt diese Einschränkung.

c) Schutzabstände gegen leitende und nichtleitende Fremdkörper.

Für Fremdkörper mit leitender Oberfläche (z. B. Zuleitungen) gelten dieselben Schutzabstände wie für geerdete Flächen gemäß b). Wenn die Leiter Spannung führen und

größere räumliche Ausdehnung haben, oder wenn starke Entladungen an ihnen auftreten, sind jedoch tunlichst größere Schutzabstände einzuhalten.

Linie	1	2	3	4
D cm	2 ··· 25	50; 75	100; 125	150 ··· 200

Abb. 1. Mindest-Schutzabstände gegen geerdete Flächen.

Die Länge des Schaftstückes zwischen Kugel und Anschlußstelle der Zuleitung muß mindestens gleich dem Kugeldurchmesser sein. Die Zuleitung darf ungünstigstenfalls senkrecht zur Achse der Kugelfunkenstrecke weggeführt werden, tunlichst soll sie dem Schlagraum noch stärker abgewendet bleiben.

Abb. 2. Beispiel für Schutzabstände gegen Fußboden, Wände und Decke.

Für nicht leitende Fremdkörper ist es bei Messung von Wechselspannungen zulässig, bis auf die Hälfte der unter b) angegebenen Schutzabstände herunterzugehen; bei Messung von Gleichspannungen ist hier besondere Vorsicht geboten.

§ 6.

Vorwiderstände.

a) Zweck und Anordnung der Vorwiderstände.

Zur Dämpfung von hochfrequenten Ausgleichsschwingungen, die vorzeitige Überschläge hervorrufen könnten, sowie zur Begrenzung des Stromes während des Überschlages ist bei Messung von Wechselspannungen und Gleichspannungen vor die Kugelfunkenstrecke ein möglichst induktionsfreier und hinreichend spannungsunabhängiger Widerstand zu legen.

Diese Vorwiderstände müssen so nahe wie möglich an der Kugelfunkenstrecke, dürfen jedoch nicht in der gemeinsamen Zuleitung für Kugelfunkenstrecke und Prüfling liegen. Bei Erdung einer Kugel ist der gesamte Widerstand vor die spannungführende Kugel, bei symmetrischer Spannungsverteilung je etwa zur Hälfte vor beide Kugeln zu legen.

b) Größe der Vorwiderstände.

1. Für die Messung von Wechselspannungen von 50 Hz ist ein zur Begrenzung des Kurzschlußstromes ausreichender Vorwiderstand zu wählen. Dieser ist anderseits höchstens so groß zu bemessen, daß der durch den Ladestrom in ihm hervorgerufene Spannungsabfall keinen höheren Meßfehler als etwa 1% verursacht. Die sich aus dieser Forderung ergebenden Höchstwerte des Vorwiderstandes sind der Tafel II zu entnehmen.

Tafel II. Höchstwerte der Vorwiderstände bei Wechselspannung von 50 Hz.

1	2
Kugeldurchmesser D cm	Widerstand in Ohm je Volt der höchsten zu messenden Scheitelspannung Ω/V
2	1000
5; *6,25*	300
10	100
12,5; 15	50
25	10
50; 75	2
100; 125; 150	1
175; 200	0,5

Für die Messung von Wechselspannungen mit anderen Frequenzen als 50 Hz sind die höchstzulässigen Widerstände aus den Werten von Tafel II im umgekehrten Verhältnis zur Frequenz zu errechnen.

2. Für die Messung von Gleichspannungen können die Widerstandswerte nach Tafel II als Anhalt dienen, im Bedarfsfall jedoch auch größer gewählt werden, da in ihnen Spannungsabfälle nur durch Wirkströme (z. B. Sprühentladungen) auftreten.
3. Für die Messung von Stoßspannungen dürfen keine Vorwiderstände verwendet werden [vgl. § 10b) 1.].

§ 7.

Vorbehandlung der Kugeln.

Im Betrieb entstandene Aufrauhungen der Kugeln sind mit feinstem Schmirgelpapier zu beseitigen. Vor Gebrauch sind die Kugeln von Staub zu befreien. Putzmittelrückstände sind durch einige Überschläge wegzubrennen bei Spannungen, die möglichst höher als die voraussichtlich zu messenden liegen. Dabei sind jeweils so viele Überschläge anzuwenden, bis sich gleichmäßige Spannungswerte ergeben. Nach jeder Meßpause von mehr als 2 h Dauer ist das Abbrennen zu wiederholen. Ablesungen beim Abbrennen sind für die Spannungsmessung selbst nicht zu benutzen.

§ 8.

Messung der Schlagweite.

Der Fehler bei der Messung der Schlagweite darf höchstens 0,5% des Kugeldurchmessers D für Schlagweiten $s \geq 0,5\,D$ betragen. Bei der Messung kleinerer Schlagweiten ist eine größere Genauigkeit anzustreben. Fest angebrachte Meßeinrichtungen (z. B. Meßuhren) sind auf richtige Nullstellung sowie mittels Stichmaß auf richtige Anzeige öfters nachzuprüfen.

§ 9.

Messung von betriebsfrequenten Wechselspannungen.

a) Allgemeine Angaben über die Ausführung der Spannungsmessung.

Um bei einer Meßreihe den jedesmaligen Überschlag der Kugelfunkenstrecke zu ersparen, ist neben dieser eine weitere Meßeinrichtung zu verwenden. Diese kann entweder unmittelbar an den Hochspannungskreis oder an den Niederspannungskreis oder an Wandler angeschlossen sein. Sie ist nach den Angaben der Kugelfunkenstrecke in dem in Betracht kommenden Spannungsbereich zu eichen [vgl. b)].

Die Messung kann nach folgenden beiden Verfahren vorgenommen werden, wobei die Ablesung in Zeitabständen von mindestens je 1 min so oft zu wiederholen ist, bis annähernd gleichbleibende Ablesungen erhalten werden:

1. Bei gleichbleibender Spannung werden die Kugeln langsam bis zum Überschlag einander genähert. Die Annäherungsgeschwindigkeit kurz vor dem zu erwartenden Ansprechen der Kugeln darf etwa 1% des Kugeldurchmessers je Sekunde nicht überschreiten.

2. Bei gleichbleibender Schlagweite wird die Spannung bis zum Überschlag gesteigert. Hierbei darf zunächst nur etwa die Hälfte des zu messenden Spannungswertes angelegt werden, worauf die Spannung in nicht weniger als 30 s auf den Endwert zu steigern ist. Die Spannungsstufen sollen dabei 0,5% des Endwertes möglichst nicht überschreiten. Zur Feststellung, ob sich gleichbleibende Überschlagswerte ergeben, ist der gleichzeitig mitbenutzte Spannungsmesser jedesmal kurz vor dem Ansprechen der Kugelfunkenstrecke abzulesen.

b) Spannungsmessung bei angeschaltetem Prüfling.

1. Um einerseits Meßungenauigkeiten durch Auftreten von Vorentladungen am Prüfling zu vermeiden und diesen anderseits vor zu langer Einwirkung der hohen Spannung zu schützen, ist die parallel zu ihm geschaltete Kugelfunkenstrecke zunächst auf eine unterhalb der in Betracht kommenden Prüfspannung U_p liegende Spannung U_k einzustellen. Die bei diesem Spannungswert vorzunehmende Messung ergibt eine Eichung der Anzeige a_k des gleichzeitig mitbenutzten Spannungsmessers auf den Scheitelwert U_k der Hochspannung. Im allgemeinen ist diese Messung bei $U_k = 0{,}8\ U_p$ auszuführen. Nur wenn bereits bei diesem Spannungswert durch Teilentladungen am Prüfling (z. B. im Falle großer Isolatoren und Durchführungen) vorzeitige Überschläge an der Kugelfunkenstrecke infolge Überlagerung von Oberschwingungen über die Grundwelle der Spannung angeregt werden, ist die Eichung des Spannungsmessers bei einer entsprechend niedrigeren Spannung auszuführen.

Alsdann ist die Schlagweite der Kugelfunkenstrecke soweit zu vergrößern, daß diese bei der in Betracht kommenden Prüfspannung mit Sicherheit nicht mehr überschlägt. Hierzu ist im allgemeinen eine Einstellung der Schlagweite entsprechend dem 1,1 bis 1,2fachen der betreffenden Prüfspannung erforderlich. Nur wenn z. B. im Falle großer Prüflinge bereits bei dieser Einstellung Teilentladungen zum Ansprechen der Kugelfunkenstrecke führen sollten, ist die Schlagweite noch weiter zu vergrößern. Die völlige Abtrennung der Kugelfunkenstrecke vom Meßkreis ist nur dann statthaft, wenn die Rückwirkung ihrer Kapazität auf die Höhe und Kurvenform der Spannung vernachlässigbar ist.

Die Spannung ist hierauf so lange zu steigern, bis die Anzeige a_p des gleichzeitig mitbenutzten Spannungsmessers der vollen Prüfspannung U_p entspricht. Diese ist dann aus der Beziehung

$$U_p = \frac{a_p}{a_k}\ U_k$$

zu ermitteln. Im allgemeinen entspricht also, falls unter den oben gemachten Voraussetzungen die erste Messung bei $U_k = 0{,}8\ U_p$ ausgeführt wurde, der vollen Prüfspannung U_p eine Anzeige $a_p = 1{,}25\ a_k$ des Spannungsmessers.

2. Da durch die Extrapolation über einen größeren Bereich nicht mehr in allen Fällen geradlinige Abhängigkeit der Oberspannung von der Anzeige des Spannungsmessers zu erwarten ist, empfiehlt es sich, hierbei mehr als einen Punkt aufzunehmen und dann graphisch zu extrapolieren.

Wird eine genauere Eichung des Spannungsmessers für erforderlich gehalten, so sind bei abgeschaltetem Prüfling einige Spannungswerte unterhalb und oberhalb der betreffenden Prüfspannung aufzunehmen. Hierbei ist die Abhängigkeit der mit der Kugelfunkenstrecke gemessenen Oberspannung von der Anzeige des Spannungsmessers zweckmäßigerweise graphisch aufzutragen. Um zu prüfen, ob durch Wiederzuschalten des Prüflings eine merkbare Rückwirkung auf die Spannung eintritt, empfiehlt es sich, wenigstens einen Spannungswert unterhalb der Prüfspannung aufzunehmen und die erhaltene Eichkurve nötigenfalls zu verbessern.

Abb. 3. Spannungsmeßbereich für die einzelnen Kugelgrößen bei einpoliger Erdung für betriebsfrequente Wechselspannung, negative Stoßspannung und negative Gleichspannung.

§ 10.

Messung von Stoßspannungen.

a) Messung voller Stoßspannungen.

Bei Messung der Scheitelwerte voller Stoßwellen (vgl. § 3 von VDE 0450/1939 „Leitsätze für die Erzeugung von Stoßspannungen für Prüfzwecke"[2]) ist die Schlagweite der Kugelfunkenstrecke so einzustellen, daß etwa die Hälfte von allen erzeugten Stoßwellen zum Überschlag an der Kugelfunkenstrecke führen (50% Treffer).

b) Messung von Überschlagstoßspannungen an Prüflingen.

1. Die Kugelfunkenstrecke ist möglichst nahe am Prüfling aufzustellen. Bei größerer Länge der Zuleitungen können Spannungsüberhöhungen auftreten, die zu hohe Überschlagswerte vortäuschen. Im Zweifelsfalle ist daher die Spannung sowohl vor als auch hinter dem Prüfling zu messen und der erhaltene Mittelwert der beiden Messungen zugrunde zu legen. In der Verbindungsleitung zwischen Kugelfunkenstrecke und Prüfling dürfen keine Vorwiderstände liegen.
2. Bei der Messung von Überschlagstoßspannungen an Prüflingen ist die Schlagweite der Kugelfunkenstrecke so einzustellen, daß die Überschläge am Prüfling und an der Funkenstrecke abwechselnd auftreten. Bei diesen Messungen empfiehlt sich die Verwendung einer Kugelfunkenstrecke mit beweglichen Elektroden [vgl. § 9 a) 1.]. Treten am Prüfling und an der Funkenstrecke gleichzeitig Überschläge auf, so ist diejenige größte und kleinste Schlagweite der Kugelfunkenstrecke festzustellen, bei denen dieser gemeinsame Überschlag einsetzt bzw. aufhört. Der Mittelwert der den beiden Schlagweiten entsprechenden Spannungen ist als maßgebend zu betrachten. Hierbei ist vorausgesetzt, daß die beiden Grenzwerte nicht mehr als 10% voneinander abweichen.

§ 11.

Eichwerte der Überschlagspannungen für die verschiedenen Kugelgrößen.

a) Mit der Kugelfunkenstrecke werden Scheitelwerte der Spannungen gemessen.

b) In Tafel III bis V sind die Scheitelwerte der Überschlagspannungen für Kugeln von 2, 5, *6,25*, 10, *12,5*, 15, 25, 50,

[2]) Z. Z. in Bearbeitung befindliche Neuausgabe von VDE 0450/1933 „Leitsätze für die Prüfung mit Spannungsstößen".

Tafel III. Scheitelwerte der Überschlagspannungen in kV für einpolige Erdung bei 20° C und 760 Torr für betriebsfrequente Wechselspannung, negative Stoßspannung und negative Gleichspannung.

Schlagweite s in cm	Kugeldurchmesser D in cm						
	2	5	*6,25*	10	*12,5*	15	25
0,05	2,4	—	—	—	—	—	—
0,1	4,4	—	—	—	—	—	—
0,15	6,3	—	—	—	—	—	—
0,2	8,2	8,0	—	—	—	—	—
0,3	11,5	—	—	—	—	—	—
0,4	14,8	14,3	*14,2*	—	—	—	—
0,5	18,0	—	—	16,9	*16,7*	16,5	—
0,6	21,0	20,4	*20,2*	—	—	—	—
0,7	23,9	—	—	—	—	—	—
0,8	26,6	26,3	*26,2*	—	—	—	—
0,9	29,0	—	—	—	—	—	—
1	31,2	32,0	*31,9*	31,6	*31,5*	31,3	31
1,2	35,1	37,6	*37,5*	—	—	—	—
1,4	38,5	43,0	*43,0*	—	—	—	—
1,5	40,0	—	—	45,6	*45,6*	45,5	45
1,6	(41,4)	48,1	*48,4*	—	—	—	—
1,8	(44,0)	53,0	*53,6*	—	—	—	—
2	(46,2)	57,4	*58,2*	59,1	*59,2*	59,2	59
2,2	—	61,5	*63,1*	—	—	—	—
2,4	—	65,3	*67,4*	—	—	—	—
2,5	—	67,2	*69,6*	72,0	*72,0*	72,6	72
3	—	75,4	*79,1*	84,1	*85,2*	85,5	86
3,5	—	82,4	*87,5*	95,2	*97,2*	98,1	—
4	—	(88,4)	*94,8*	105	*109*	110	112
4,5	—	(93,5)	*101*	115	*119*	122	—
5	—	(98,0)	*(107)*	123	*129*	132	137
5,5	—	—	*(112)*	131	*138*	143	—
6	—	—	*(116)*	138	*146*	152	161
6,5	—	—	—	144	*154*	161	—
7	—	—	—	150	*162*	169	184
7,5	—	—	—	155	*168*	177	—
8	—	—	—	(160)	*174*	185	205
9	—	—	—	(169)	*186*	198	225
10	—	—	—	(177)	*(196)*	209	243
11	—	—	—	—	*(204)*	219	260
12	—	—	—	—	*(212)*	(229)	275
13	—	—	—	—	—	(238)	289
14	—	—	—	—	—	(245)	302
15	—	—	—	—	—	(252)	314
16	—	—	—	—	—	—	325
18	—	—	—	—	—	—	345
20	—	—	—	—	—	—	(363)
22	—	—	—	—	—	—	(378)
24	—	—	—	—	—	—	(391)
25	—	—	—	—	—	—	(396)

Schlagweite s in cm	Kugeldurchmesser D in cm						
	50	75	100	125	150	175	200
2	58	58	—	—	—	—	—
2,5	—	—	71	—	—	—	—
4	112	112	—	—	—	—	—
5	—	—	137	137	137	137	137
6	164	164	—	—	—	—	—
8	214	215	—	—	—	—	—
10	262	265	266	266	267	266	265
12	308	313	—	—	—	—	—
14	352	360	—	—	—	—	—
15	—	—	387	387	388	389	389
16	392	406	—	—	—	—	—
18	428	450	—	—	—	—	—
20	461	492	503	506	508	510	510
22	491	532	—	—	—	—	—
24	520	570	—	—	—	—	—
25	—	—	611	622	626	628	630
26	545	606	—	—	—	—	—
28	570	640	—	—	—	—	—
30	591	670	709	729	739	743	745
32	611	702	—	—	—	—	—
34	630	731	—	—	—	—	—
35	—	—	797	830	846	855	858
36	647	756	—	—	—	—	—
38	(663)	785	—	—	—	—	—
40	(679)	806	876	921	947	961	965
45	(710)	858	949	1000	1040	1060	1075
50	(738)	904	1010	1080	1130	1160	1180
55	—	945	1070	1150	1210	—	—
60	—	(983)	1120	1220	1280	1330	1360
65	—	(1010)	1160	1280	1350	—	—
70	—	(1040)	1210	1330	1420	1480	1530
75	—	(1060)	1240	1380	1470	—	—
80	—	—	(1280)	1430	1530	1610	1680
90	—	—	(1330)	1500	1630	1730	1810
100	—	—	(1370)	(1560)	1710	1830	1930
110	—	—	—	(1620)	1790	1920	2030
120	—	—	—	(1660)	(1850)	2000	2120
130	—	—	—	—	(1900)	2070	2200
140	—	—	—	—	(1950)	(2140)	2280
150	—	—	—	—	(1980)	(2190)	2350
160	—	—	—	—	—	(2240)	(2410)
180	—	—	—	—	—	—	(2500)
200	—	—	—	—	—	—	(2580)

75, 100, 125, 150, 175, 200 cm Durchmesser, bezogen auf eine Temperatur von 20° C und einen Luftdruck von 760 Torr, abhängig von der Schlagweite angegeben. Die Überschlagspannungen für Kugeln von *6,25* und *12,5* cm Durchmesser sind mit aufgenommen worden, da sie in den internationalen Regeln[3]) für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke enthalten sind. Mit Rücksicht auf diese in Deutschland wenig gebräuchlichen Kugelgrößen sind die entsprechenden Eichwerte jedoch nur in Schrägschrift aufgeführt.

Es ist in Aussicht genommen, die Eichtafeln später noch auf Kugeldurchmesser von 250 und 300 cm auszudehnen.

c) Bei der Messung von Stoßspannungen gelten die Eichwerte der Tafeln III bis V für den Scheitelwert derjenigen Stoßwellen, die bei gegebener Schlagweite mit 50% Treffern an den Kugeln zum Überschlag führen [vgl. § 10 a) und b) 2.].

d) Bei der Messung von Gleichspannungen können die für Stoßspannungen der gleichen Polarität gültigen Eichwerte der Tafeln III bis V benutzt werden.

§ 12.

Meßbereich und Meßgenauigkeit.

Die Kugelfunkenstrecke soll zur Spannungsmessung vorzugsweise in einem Schlagweitenbereich bis zum halben Kugeldurchmesser verwendet werden. In diesem Falle muß bei der Messung von betriebsfrequenten Wechselspannungen sowie von genormten Stoßspannungen (1 | 50 µs-Stoßwelle)[4]) beider Polaritäten mit einem Meßfehler von ± 3% gerechnet werden.

[3]) IEC-Veröffentlichung 52/1939.
[4]) Siehe Fußnote 2.

Bei Schlagweiten, die den halben Kugeldurchmesser überschreiten, sind größere Fehler zu erwarten. Deshalb sollte die Kugelfunkenstrecke auch nur in Ausnahmefällen bis zu einer Schlagweite von höchstens gleich dem Kugeldurchmesser verwendet werden. In Tafel III bis V sind daher die Überschlagspannungen bei Schlagweiten zwischen dem 0,75- und 1-fachen des Kugeldurchmessers nur in Klammern aufgeführt.

Die sich hieraus für die einzelnen Kugelgrößen ergebenden Spannungsmeßbereiche sind für den am häufigsten vorkommenden Fall der einpoligen Erdung bei betriebsfrequenter Wechselspannung (und damit auch bei negativer Stoßspannung und negativer Gleichspannung) in Tafel VI und in Abb. 3 angegeben. Für den Fall symmetrischer Spannungsverteilung bei betriebsfrequenter Wechselspannung, positiver und negativer Stoßspannung sowie positiver und negativer Gleichspannung, ferner für den Fall der einpoligen Erdung bei positiver Stoßspannung und positiver Gleichspannung liegen die höchstzulässigen Spannungswerte für größere Schlagweiten etwas höher, wie sich im einzelnen aus Tafel IV bzw. V ergibt.

§ 13.

Gültigkeit der Eichtafeln für Stoßspannungen kürzester Dauer und für Hochfrequenzspannungen.

a) Bei Messung von Stoßspannungen mit kürzerer Halbwertdauer als 5 µs erhält man infolge des Entladeverzuges unter Umständen zu niedrige Spannungswerte, wenn man die Eichwerte der Tafeln III bis V zugrunde legt.

b) 1. Bei Messung von Wechselspannungen ungedämpfter Hochfrequenz können die Eichwerte der Tafeln III und IV (nach den hierüber bisher vorliegenden Untersuchungen für Kugeldurchmesser $D = 2 \cdots 15$ cm und Schlagweiten

Tafel IV. Scheitelwerte der Überschlagspannungen in kV für symmetrische Spannungsverteilung bei 20° C und 760 Torr für betriebsfrequente Wechselspannung, positive und negative Stoßspannung sowie positive und negative Gleichspannung.

Schlagweite s in cm	Kugeldurchmesser D in cm						
	2	5	*6,25*	10	*12,5*	15	25
0,05	2,4	—	—	—	—	—	—
0,1	4,4	—	—	—	—	—	—
0,15	6,3	—	—	—	—	—	—
0,2	8,2	8,0	—	—	—	—	—
0,3	11,6	—	—	—	—	—	—
0,4	14,9	14,3	*14,2*	—	—	—	—
0,5	18,1	—	—	16,9	*16,7*	16,5	—
0,6	21,2	20,4	*20,2*	—	—	—	—
0,7	24,1	—	—	—	—	—	—
0,8	26,9	26,4	*26,2*	—	—	—	—
0,9	29,5	—	—	—	—	—	—
1	32,0	32,2	*32,0*	31,6	*31,5*	31,3	31
1,2	36,7	37,8	*37,6*	—	—	—	—
1,4	41,2	43,3	*43,2*	—	—	—	—
1,5	—	—	—	45,8	*45,7*	45,5	45
1,6	(45,2)	48,5	*48,6*	—	—	—	—
1,8	(48,7)	53,5	*53,9*	—	—	—	—
2	(51,8)	58,3	*59,0*	59,3	*59,4*	59,2	59
2,2	—	62,8	*63,9*	—	—	—	—
2,4	—	67,3	*68,6*	—	—	—	—
2,5	—	69,4	*70,9*	72,4	*72,6*	72,9	72
3	—	79,3	*81,8*	84,9	*85,4*	85,8	86
3,5	—	88,3	*91,8*	96,5	*97,7*	98,4	—
4	—	(96,4)	*101*	107	*110*	111	113
4,5	—	(104)	*109*	118	*121*	123	—
5	—	(111)	*(117)*	128	*132*	134	138
5,5	—	—	*(124)*	137	*142*	145	—
6	—	—	*(131)*	146	*152*	155	162
6,5	—	—	—	155	*161*	165	—
7	—	—	—	163	*170*	175	185
7,5	—	—	—	170	*179*	185	—
8	—	—	—	(177)	*187*	194	207
9	—	—	—	(191)	*203*	211	228
10	—	—	—	(203)	*(217)*	227	248
11	—	—	—	—	*(299)*	242	267
12	—	—	—	—	*(241)*	(256)	286
13	—	—	—	—	—	(268)	303
14	—	—	—	—	—	(280)	320
15	—	—	—	—	—	(292)	336
16	—	—	—	—	—	—	352
18	—	—	—	—	—	—	381
20	—	—	—	—	—	—	(407)
22	—	—	—	—	—	—	(431)
24	—	—	—	—	—	—	(452)
25	—	—	—	—	—	—	(463)

Schlagweite s in cm	Kugeldurchmesser D in cm						
	50	75	100	125	150	175	200
2	58	58	—	—	—	—	—
2,5	—	—	71	—	—	—	—
4	112	112	—	—	—	—	—
5	—	—	137	137	137	137	137
6	164	164	—	—	—	—	—
8	214	215	—	—	—	—	—
10	263	265	266	266	267	266	265
12	309	314	—	—	—	—	—
14	353	362	—	—	—	—	—
15	—	—	388	388	389	389	389
16	394	408	—	—	—	—	—
18	434	452	—	—	—	—	—
20	472	495	504	508	511	511	511
22	507	535	—	—	—	—	—
24	542	576	—	—	—	—	—
25	—	—	613	624	628	630	632
26	575	615	—	—	—	—	—
28	607	652	—	—	—	—	—
30	638	689	714	732	741	745	747
32	666	725	—	—	—	—	—
34	693	759	—	—	—	—	—
35	—	—	812	835	848	857	860
36	718	793	—	—	—	—	—
38	(742)	825	—	—	—	—	—
40	(767)	856	902	932	950	964	972
45	(823)	929	986	1020	1050	1070	1080
50	(874)	997	1070	1110	1140	1170	1180
55	—	1060	1140	1200	1230	—	—
60	—	(1120)	1210	1280	1320	1350	1380
65	—	(1170)	1280	1350	1410	—	—
70	—	(1220)	1340	1420	1490	1530	1560
75	—	(1270)	1400	1500	1560	—	—
80	—	—	(1460)	1570	1640	1690	1730
90	—	—	(1560)	1690	1780	1840	1900
100	—	—	(1660)	(1800)	1910	1990	2050
110	—	—	—	(1900)	2030	2120	2190
120	—	—	—	(2000)	(2140)	2240	2330
130	—	—	—	—	(2240)	2360	2460
140	—	—	—	—	(2330)	(2470)	2580
150	—	—	—	—	(2420)	(2570)	2690
160	—	—	—	—	—	(2670)	(2800)
180	—	—	—	—	—	—	(3000)
200	—	—	—	—	—	—	(3180)

$s \leqq 0,5\,D$) bis zu einer Frequenz von etwa $2 \cdot 10^4$ Hz (entsprechend 25 µs Halbwellendauer) ohne merklichen Fehler benutzt werden. Da bei noch höheren Frequenzen eine Erniedrigung der Überschlagspannung eintritt, ergeben die Eichtafeln in diesem Falle zu hohe Spannungswerte.

2. Bei Messung von Wechselspannungen stark gedämpfter Hochfrequenz können die Eichwerte der Tafeln III bis V bis zu einer Frequenz von etwa $3 \cdot 10^5$ Hz (entsprechend etwa 2 µs Halbwellendauer) ohne merklichen Fehler benutzt werden. Da bei noch höheren Frequenzen (bzw. noch kürzerer Halbwellendauer) infolge des Entladeverzuges größere Spannungen zum Überschlag erforderlich sind, ergeben die Eichtafeln in diesem Falle zu niedrige Spannungswerte [ähnlich wie unter a) bei Stoßspannungen kürzester Dauer].

§ 14.

Bestrahlung der Kugelfunkenstrecke.

Zur Aufhebung des Entladeverzuges der Kugeln empfiehlt es sich, die natürliche Ionisation durch künstliche Bestrahlung mit ultravioletten Strahlen, Röntgenstrahlen oder mit radioaktiven Stoffen zu unterstützen. Beim Messen von Scheitelspannungen unter 50 kV ist unter allen Umständen Bestrahlung erforderlich.

§ 15.

Einfluß der Luftverhältnisse.

a) Bezugnahme der Überschlagspannungen auf normale Luftverhältnisse.

Die Überschlagspannung von Kugelfunkenstrecken kann angenähert proportional mit der Luftdichte angenommen werden, dagegen ist sie nahezu unabhängig von der Luftfeuchtigkeit. Im stark inhomogenen Feld (z. B. bei Spitzenfunkenstrecken und Isolatoren) ändert sich die Überschlagsspannung in ähnlicher Weise mit der relativen Luftdichte wie bei Kugelfunkenstrecken, ist aber im Gegensatz zu diesen auch von der absoluten Luftfeuchtigkeit abhängig.

Daher wird die Überschlagspannung von Prüflingen (z. B. Isolatoren), die bei von den Normalwerten (t = 20° C, b = 760 Torr) abweichenden Werten der Temperatur und des Luftdruckes mit der Kugelfunkenstrecke bestimmt wurde, ohne weitere Umrechnung richtig für diese Normalwerte angegeben, die auch den Tafeln III bis V zugrunde liegen. Dagegen ist die bei einer vom Normalwert 11 g/m³ (entsprechend 63,5% relativer Luftfeuchtigkeit bei 20° C) abweichenden absoluten Luftfeuchtigkeit mit Kugelfunkenstrecke gemessene Überschlagspannung von Isolatoren[5]) und dgl. auf diesen Normalwert umzurechnen, falls sie hierauf bezogen werden soll.

b) Bezugnahme der Überschlagspannungen auf die beim Versuch herrschenden Luftverhältnisse.

Soll nicht die auf normale relative Luftdichte (t = 20°, b = 760 Torr, δ = 1) bezogene mit Kugelfunkenstrecke gemessene Überschlagspannung U_n eines Prüflings (z. B. eines Isolators), sondern die beim Versuch entsprechend der gerade herrschenden Luftdichte δ tatsächlich vorhandene Überschlagspannung U bestimmt werden, so ist folgende Umrechnung vorzunehmen:

1. Für nicht erheblich vom Normalwert abweichende Werte der relativen Luftdichte im Bereich $0,95 \geqq \delta \geqq 1,05$:

$$U = \delta\, U_n. \qquad (1)$$

[5]) Über die Berücksichtigung des Einflusses der Luftfeuchtigkeit auf die Überschlagspannung von Isolatoren sollen bei der Neubearbeitung von VDE 0446/1929 „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an" nähere Festlegungen getroffen werden.

Tafel V. Scheitelwerte der Überschlagspannungen in kV für einpolige Erdung bei 20° C und 760 Torr für positive Stoßspannung und für positive Gleichspannung.

Schlagweite s in cm	Kugeldurchmesser D in cm						
	2	5	*6,25*	10	*12,5*	15	25
0,4	—	14,3	*14,2*	—	—	—	—
0,5	—	—	—	16.9	*16.7*	16,5	—
0,6	—	20,4	*20,2*	—	—	—	—
0,8	—	26,3	*26,2*	—	—	—	—
1	—	32,0	*31,9*	31,6	*31,6*	31,3	31
1,2	—	37,8	*37,6*	—	—	—	—
1,4	—	43,3	*43,1*	—	—	—	—
1,5	—	—	—	45,6	*45,6*	45,5	—
1,6	—	49,0	*49,0*	—	—	—	—
1,8	—	54,4	*54,6*	—	—	—	—
2	—	59,4	*60,0*	59,1	*59,2*	59,2	59
2,2	—	64,2	*65,0*	—	—	—	—
2,4	—	68,8	*69,7*	—	—	—	—
2,5	—	71,0	*72,3*	72,8	*72,5*	72,6	—
3	—	81,1	*83,4*	85,6	*85,7*	85,6	86
3,5	—	90,0	*93,4*	97,4	*98,6*	98,7	—
4	—	(97,5)	*103*	103	*111*	111	112
4,5	—	(104)	*110*	120	*123*	124	—
5	—	(109)	*(117)*	130	*134*	136	138
5,5	—	—	*(123)*	139	*144*	147	—
6	—	—	*(128)*	148	*154*	158	162
6,5	—	—	—	156	*163*	168	—
7	—	—	—	163	*172*	178	187
7,5	—	—	—	170	*180*	187	—
8	—	—	—	(176)	*188*	196	210
9	—	—	—	(186)	*202*	212	232
10	—	—	—	(195)	*(214)*	226	252
11	—	—	—	—	*(224)*	238	272
12	—	—	—	—	*(232)*	(249)	290
13	—	—	—	—	—	(260)	306
14	—	—	—	—	—	(269)	321
15	—	—	—	—	—	(276)	335
16	—	—	—	—	—	—	348
18	—	—	—	—	—	—	372
20	—	—	—	—	—	—	(393)
22	—	—	—	—	—	—	(410)
24	—	—	—	—	—	—	(424)
25	—	—	—	—	—	—	(430)

Schlagweite s in cm	Kugeldurchmesser D in cm						
	50	75	100	125	150	175	200
2	58	58	—	—	—	—	—
4	112	112	—	—	—	—	—
5	—	—	137	137	137	137	137
6	164	164	—	—	—	—	—
8	214	215	—	—	—	—	—
10	262	265	266	266	267	266	265
12	310	313	—	—	—	—	—
14	356	360	—	—	—	—	—
15	—	—	388	387	388	389	389
16	401	407	—	—	—	—	—
18	440	452	—	—	—	—	—
20	478	499	505	506	509	510	510
22	511	541	—	—	—	—	—
24	543	582	—	—	—	—	—
25	—	—	616	624	626	628	630
26	572	621	—	—	—	—	—
28	600	659	—	—	—	—	—
30	625	694	719	735	740	743	745
32	646	727	—	—	—	—	—
34	669	759	—	—	—	—	—
35	—	—	816	841	850	856	860
36	687	788	—	—	—	—	—
38	(705)	816	—	—	—	—	—
40	(721)	841	900	937	957	963	967
45	(756)	899	979	1020	1060	1070	1080
50	(785)	949	1050	1110	1150	1170	1180
55	—	994	1110	1190	1240	—	—
60	—	(1030)	1160	1260	1310	1350	1380
65	—	(1070)	1210	1320	1390	—	—
70	—	(1100)	1260	1380	1460	1510	1560
75	—	(1120)	1300	1430	1520	—	—
80	—	—	(1330)	1480	1580	1650	1710
90	—	—	(1390)	1560	1680	1770	1850
100	—	—	(1430)	(1620)	1770	1880	1980
110	—	—	—	(1680)	1850	1980	2080
120	—	—	—	(1720)	(1920)	2060	2180
130	—	—	—	—	(1970)	2140	2270
140	—	—	—	—	(2020)	(2210)	2350
150	—	—	—	—	(2060)	(2260)	2420
160	—	—	—	—	—	(2310)	(2480)
180	—	—	—	—	—	—	(2580)
200	—	—	—	—	—	—	(2650)

Tafel VI. Spannungsmeßbereich für die einzelnen Kugelgrößen.

1	2	3	4
Kugeldurchmesser D cm	Meßbereich bis zu Überschlagspannung* (Scheitelwert) in kV für s/D: 0,5	0,75	(1,0)
2	31	40	(46)
5	67	86	(98)
6,25	*82*	*103*	*(118)*
10	123	155	(177)
12,5	*150*	*190*	*(216)*
15	177	221	(252)
25	282	352	(396)
50	530	660	(738)
75	775	950	(1060)
100	1010	1240	(1370)
125	1250	1480	(1680)
150	1470	1800	(1980)
175	1700	2080	(2310)
200	1930	2350	(2580)
250	*2400***	*2900***	*(3150)***
300	*2800***	*3400***	*(3750)***

* Aus Tafel III entnommene abgerundete Werte für einpolige Erdung, betriebsfrequente Wechselspannung, negative Stoßspannung und negative Gleichspannung.
** Aus Abb. 3 extrapolierte Werte.

Hierin ist

$$\delta = \frac{b}{760} \cdot \frac{273 + 20}{273 + t} = 0{,}386 \frac{b}{273 + t}, \qquad (2)$$

wobei b Luftdruck in Torr,
t Temperatur in °C.

2. Für größere Abweichungen der relativen Luftdichte vom Normalwert und, falls größere Genauigkeit gewünscht wird:

$$U = k\, U_n\,, \qquad (3)$$

wobei der Korrektionsfaktor k abhängig von der Luftdichte δ [nach Gleichung (2)] der Tafel VII zu entnehmen ist.

Tafel VII. Korrektionsfaktor k[6]) abhängig von der relativen Luftdichte δ.

δ	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10
k	0,72	0,76	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00	1,05	1,09

c) Schlagweitenbestimmung.

1. Um die Schlagweite der Kugelfunkenstrecke für eine bestimmte auf normale Luftdichte bezogene Überschlagspannung zu erhalten, ist diese für den entsprechenden Spannungswert ohne Umrechnung unmittelbar aus Tafel III bis V zu entnehmen.

2. Legt man die der Luftdichte δ entsprechende tatsächliche Überschlagspannung U zu Grunde, so ist dieser Spannungswert durch δ bzw. k zu teilen. Für die so erhaltene, auf normale Luftdichte bezogene Überschlagspannung U_n ist die zugehörige Schlagweite wiederum aus Tafel III bis V zu entnehmen.

[6]) Bei Schlagweiten unter 1 cm ergibt Tafel VII etwas zu kleine Werte für den Korrektionsfaktor k.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.316.266 : 355.58

Bombensicheres Unterwerk in Watford mit Schutz der Schaltanlage und Umspanner gegen Brand und Splitterwirkungen. [Nach Electrician 121 (1938) S. 411; 1½ S., 3 Abb.]

Im Oktober 1938 wurde in Watford ein Unterwerk in Betrieb genommen, das durch die Art seiner Bauweise als fliegersicher bezeichnet wird. Der seit 1936 stark gestiegene Strombedarf machte im dortigen Netz ohnehin eine Erweiterung notwendig, die den Bau des neuen Unterwerkes mit Kabelabzweigungen erforderlich machte. Die Schaltanlage sowie die Transformatoren befinden sich im Innern des gewölbeartig ausgebildeten Gebäudes und sind teilweise unterirdisch eingebaut, wie die Hauptschnitte (Abb. 1) erkennen lassen. Alle Ecken des Stahlbetonbaues sind gerundet; der starke Wandquerschnitt verjüngt sich nach oben langsam. Die größte Länge des Innenraumes beträgt 20,7 m, die Breite 7,3 m und die Höhe rd. 5,0 m. Durch zwei 23 cm dicke Zwischenwände mit feuersicheren Türen ist der Gesamtraum in drei feuersichere Einzelräume auftrennbar. Um übergreifende Ölbrände zu verhindern, sind in den einzelnen Abschnitten zahlreiche Rohrsysteme von den Zellen zum Ölsumpf an der einen Außenseite des Gehäuses angelegt. Die drei eingebauten 500- bzw. 1000 kVA-Transformatoren haben Dreieck-Stern-Schaltung für 6600/350 V mit Anzapfungen zur Spannungsregelung. Hoch- und Niederspannungsschaltanlage sind aus Schalteinheiten aufgebaut, die jeweils aus dem Ölschalter, den Sammelschienen, Stützern, Stromwandlern, Meßgeräten und Gehäuse bestehen. Die Hauptschalter sind Ölschalter mit Überstromauslösung und haben handbetätigte Federspeicherantriebe. Das Sammelschienensystem für 800 A Nennstrom kann in zwei Abschnitte aufgeteilt werden. Die Isolation der Hochspannungsanlage ist mit Rücksicht auf spätere Erweiterungsmöglichkeit für 11 kV vorgesehen. Die zu- und abführenden Kabel laufen nach den verschiedenen Richtungen durch unterirdische Kanäle; es sind 63 getrennte Leitungen vorhanden. Die Niederspannungsschaltanlage besteht aus 9 stahlblechgekapselten Schalteinheiten. Außer dem Oberlicht sind für die Beleuchtung mehrfache Speisemöglichkeiten für etwaige Instandsetzungsarbeiten vorgesehen. *Tsch.*

Abb. 1. Das bombensichere Unterwerk in Watford.

Geräte und Stromrichter.

DK 621.386 + 615.84

Fortschritte in der Röntgentechnik und Elektromedizin. [Nach Rob. S. Whipple, J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938) S. 306; 8 S., 3 Abb.]

Die in den letzten vier Jahren in der Röntgentechnik erzielten Fortschritte erstrecken sich hauptsächlich auf die Bedienungserleichterung und Sicherheit. Röntgenröhren mit vollständigem Hochspannungs- und Strahlenschutz sind heute Allgemeingut. Meist wird Öl zur Isolation benutzt, und auch die Ventilröhren befinden sich oft in einem gemeinsamen Ölkessel mit dem Hochspannungstransformator. Bei einem amerikanischen Tiefentherapieapparat ist die 400 kV-Röntgenröhre mit dem Transformator zusammen in einem Ölkessel untergebracht.

Bei den Hochleistungsröntgenröhren für Diagnostik hat sich die Drehanode durchgesetzt. Für Werkstoffuntersuchungen ist in England eine Drehanodenröhre geschaffen worden, die im Betrieb dauernd evakuiert wird und bei der die Anode von außen her durch eine Welle mit Stopfbuchse angetrieben und durch fließendes Wasser gekühlt wird. Diese Röhre kann dauernd mit 50 kW betrieben werden (1,5 bis 2 A bei etwa 30 kV).

In der Tiefentherapie mit besonders hohen Spannungen haben die dauernd an der Vakuumpumpe betriebenen Röntgenröhren große Bedeutung erlangt. Die leistungsfähigste Anlage dieser Art in Großbritannien ist im St. Bartolomews Hospital errichtet worden. Die 9 m lange Röntgenröhre besteht aus einem 3½ m langen Mittelteil aus Stahl mit Bleibelag und zwei Porzellanisolatoren an den Enden. Sie wiegt 10 t und kann elektromotorisch bewegt werden. Nur der mittlere Teil befindet sich im Behandlungsraum, während die Hochspannungszuführungen an den Enden mit je einem 600 kV-Hochspannungserzeuger in Greinacher-Schaltung verbunden sind. Auch die Ventilröhren der Hochspannungserzeuger werden im Betrieb dauernd evakuiert. Bisher ist die Röhre bis 750 kV bei 5 mA betrieben worden.

Um die Abmessungen der Hochvoltanlagen zu verkleinern, hat Coolidge einen 500 kV-Apparat geschaffen, bei dem sich Röntgenröhre und Transformator in einem

gemeinsamen Ölkessel befinden. Die fünfstufige Röhre besteht aus Glaszylindern, die mit den Metallzwischenelektroden über Fernico (Eisen-Nickel-Kobalt-Legierung) verschmolzen sind. Der im Ölkessel befindliche, Hochspannung führende Teil der Röntgenröhre ist nur 55 cm lang. Das geerdete, mit fließendem Wasser gekühlte Anodenrohr ragt um 85 cm seitlich aus dem Kessel heraus, hat einschließlich Bleimantel 5 cm Dmr., trägt am Ende die Wolfram-Antikathode und ist an der Austrittsstelle aus dem Kessel von einer Magnetspule zur Fokusierung umgeben. Die Gesamtabmessungen des Einkesselgerätes betragen 1,2 m Dmr., 1,2 m Höhe und 1,8 m Länge. Die Röntgenröhre ist unmittelbar mit der fünffach unterteilten Hochspannungswicklung des Transformators verbunden, wird also mit Wechselspannung betrieben und muß während der unbenutzten Halbwelle selbst sperren. Der starke kapazitive Blindstrom, den ein derartiger Transformator aufnimmt, wird durch Vergrößerung des induktiven Magnetisierungsstromes mit Hilfe von vier Luftspalten im Eisenkern teilweise kompensiert, so daß bei Vollast (10 mA bei 525 kV) die primäre Stromaufnahme 56 A bei 185 V und der Leistungsfaktor nahezu 0,7 betragen. Coolidge glaubt nach dem gleichen Prinzip noch wesentlich höhere Spannungen erreichen zu können.

Eine niederländische Firma hat eine nur dreistufige abgeschmolzene 1 MV-Röntgenröhre herausgebracht, die dauernd mit 1 mA betrieben werden kann und trotz Verwendung von Luftisolation nur 1,8 m lang ist. Der Überschlagsweg wurde durch Glaseinstülpungen künstlich verlängert. Der Kathodenstrahl wird durch einen permanenten Magneten fokusiert. Eine Tiefentherapieanlage, in der diese Röhre betrieben werden soll, ist in Amsterdam in Bau.

Die industrielle Anwendung der Röntgenstrahlen zur Prüfung von Schweißnähten, Gußkörpern usw. hat in Amerika und Europa große Fortschritte gemacht. Auch das bisher nur in der Röntgenmedizin eingeführte Schichtaufnahmeverfahren, bei dem Röntgenröhre und Film während der Aufnahme in bestimmter Weise bewegt werden, wurde im Forschungsinstitut in Woolwich mit Erfolg bei der Werkstoffuntersuchung angewendet.

Die Anwendung der in erster Linie zur künstlichen Atomumwandlung dienenden Neutronenstrahlen hat in der biologischen Forschung Fortschritte gemacht. Neutronenstrahlen werden beim Aufprallen sehr schnell bewegter Deuteronen (Ionen des schweren Wasserstoffs) auf Stoffe niedriger Ordnungszahl sowie beim Auftreffen von Röntgenstrahlen, die mit über 1,8 MV erzeugt sind, auf Beryllium gewonnen. Zur Erzeugung der schnellen Deuteronen dient in erster Linie das Cyclotron nach Lawrence und Livingstone[1]), mit denen Deuteronenströme bis zu 100 µA bei Geschwindigkeiten entsprechend mehr als 6 MV erzielt werden konnten. Ferner werden zu diesem Zweck in Amerika und Frankreich die elektrostatischen Hochspannungsgeneratoren mit umlaufenden Bändern nach van de Graaff[2]) angewendet. Die höchste mit einem v. d. Graaff-Generator in einem Kessel bei 7,5 at Druck bisher praktisch erreichte Spannung betrug 2,16 MV. Röntgenstrahlen zum Auslösen von Neutronen aus Beryllium werden in F. Joliots Laboratorium in Paris mit einem Stoßgenerator für 3 MV erzeugt. — Versuche an Ratten haben gezeigt, daß Neutronenstrahlen biologisch wirksamer sind als Röntgenstrahlen. Auch die schnell abklingende künstliche Radioaktivität bietet biologisch-medizinische Anwendungsmöglichkeiten, z. B. die Injektion von radioaktivem Kochsalz in die Blutgefäße.

Das schon oben erwähnte Schichtaufnahmeverfahren, meist als Planigraphie oder Tomographie bezeichnet[3]), ist einer der bedeutendsten Fortschritte in der medizinischen Röntgentechnik während der letzten Jahre, insbesondere für die Lungenuntersuchung. Neben den bekannten deutschen Geräten für dieses Verfahren, bei denen während der Aufnahme Röntgenröhre und Film bewegt werden und der Patient still liegt oder steht, wurde in England ein Gerät herausgebracht, bei dem der stehende oder sitzende Patient sowie der Film um lotrechte Achsen gedreht werden, während die Röntgenröhre still steht.

Bemerkenswert ist auch die in der letzten Zeit erzielte Steigerung der Empfindlichkeit und Gradation der Röntgenfilme, insbesondere auch bei den ohne Verstärkerfolien zu benutzenden Filmen. Die neuen Schnellentwickler gestatten es, den Röntgenfilm in 1 bis 3 min zu entwickeln, wässern und fixieren, was in gewissen Fällen medizinisch sehr wertvoll ist. Auf dem Gebiete der Streustrahlenblenden bedeutet die Schaffung der Feinraster[1]) einen erheblichen Fortschritt. — Eine Legierung aus 90% Wolfram, 5% Kupfer und 5% Nickel, die leicht zu bearbeiten und verhältnismäßig billig ist, wurde als Schutzstoff gegen Röntgenstrahlen und Radiumstrahlen eingeführt. Der Absorptionskoeffizient der neuen Legierung beträgt das 1,37fache von dem des Bleies. *H. G.*

[1]) Vgl. ETZ 58 (1937) S. 1403; 59 (1938) S. 728.
[2]) Vgl. ETZ 55 (1934) S. 904 u. 911; 58 (1937) S. 665; 59 (1938) S. 1039.
[3]) Vgl. ETZ 57 (1936) S. 805.

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.728.001.52

Der Einfluß der Luftdichte nach den neuen IEC-Mittelwerten für Kugelfunkenstrecken. [Nach S. Franck, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 1, S. 54; 6 S., 3 Abb.]

Die Funkenspannung U ist nur in erster Annäherung der Luftdichte proportional. Nach den Townsendschen Ähnlichkeitsgesetzen hat man die Luftdichtenkorrektion eigentlich nicht an der Spannung, sondern an den Elektrodenmaßen (Schlagweite und Kugeldurchmesser) anzubringen. Infolgedessen hängt der Einfluß der Luftdichte in verwickelter Weise vom Kugeldurchmesser D, von der Schlagweite s, von den Potentialen der Kugeln gegen Erde, von

Abb. 2. Der Korrektionsfaktor k zur Berücksichtigung des Luftdichteeinflusses bei Kugelfunkenstrecken für eine Luftdichte $\delta = 0,5$ bei verschiedenem Verhältnis s/D und verschiedenen Spannungsarten für Kugeldurchmesser $D = 10$ cm und 200 cm.

der Polarität und der Größe der Luftdichte δ selbst ab. Wie in einer früheren Arbeit von S. Franck[2]) angegeben wurde, ergibt sich daraus, daß man den Luftdichteeinfluß um so genauer erfassen kann, je genauer die Funkenspannungswerte bei konstanter Luftdichte sind. Nachdem nun neue IEC-Mittelwerte[3]) der Funkenspannungen für Kugelfunkenstrecken gebildet worden sind, die eine verhältnismäßig große Genauigkeit verbürgen, können aus diesen Werten rechnerisch auch genaue Luftdichtenkorrektionen entnommen werden, ohne daß man neue Versuche mit veränderlicher Luftdichte durchzuführen braucht.

Unter Zugrundelegung dieser neuen IEC-Mittelwerte ändert sich die Funkenspannung durchweg weniger als proportional mit der Luftdichte, am wenigsten bei kleinem Verhältnis s/D und beliebiger Potentialverteilung und Polarität, und bei großem Verhältnis s/D und einpoliger Erdung. Dazwischen liegt eine Stelle, bei der sich der Funkenspannungsverlauf am meisten der Proportionalität mit der Luftdichte nähert. Diese Stelle (Minimum des Korrektionsfaktors k bei $\delta < 1$, wobei $U = k \cdot U_N$ ist, wenn U die Spannung bei beliebiger Luftdichte und U_N die Normalspannung bei der Luftdichte $\delta = 1$ bedeuten) stimmt mit der Stelle des Minimums der Durchbruchfeldstärke überein, wie überhaupt der Verlauf von k dem Verlauf der Durchbruchfeldstärke auch bezüglich der Abhängigkeit von s/D, D, dem Potentialverhältnis und der Polarität ähnelt. Abb. 2, in dem für eine als Beispiel angenommene Luftdichte $\delta = 0,5$ der Korrektionsfaktor k abhängig von s/D für die Kugeldurchmesser $D = 10$ und 200 cm dargestellt ist, läßt die Ähnlichkeit mit dem Verlauf der Durchbruchfeldstärke deutlich erkennen. Bei symmetrischer Spannungsverteilung an den Polen überwiegt oberhalb von

[1]) Vgl. ETZ 57 (1936) S. 806.
[2]) S. Franck, Arch. Elektrotechn. 21 (1928) S. 346.
[3]) W. Weicker u. W. Hörcher, ETZ 59 (1938) S. 1029 u. 1064.

$\delta \cdot s = 0{,}5$ cm der Einfluß des Kugeldurchmessers, so daß man dafür Korrektionsfaktoren angeben kann, die nur vom Kugeldurchmesser D und von der Luftdichte δ abhängen (Tafel 4 der Originalarbeit).

Es wird kurz auf gestörte Funkenstrecken eingegangen, für die der Luftdichteeinfluß ebenfalls angegeben werden kann. Sobald jedoch Vorentladungen auftreten, insbesondere bei Stoßspannungen, gelten die Ähnlichkeitsgesetze nicht mehr. Der Luftdichteeinfluß folgt dann anderen Gesetzen.

Die auf Grund von Meßwerten bestimmten neuen Luftdichtenkorrektionen werden verglichen mit auf Grund von Formelwerten bestimmten Korrektionen von Peek und Ver Planck[1]), die deshalb nicht so genau sein können. Die bisher meist verwendeten Peekschen Korrektionen, die außer von der Luftdichte δ nur vom Kugeldurchmesser D abhängen, kommen wenigstens für den Fall symmetrischer Spannungsverteilung den wirklichen Verhältnissen näher als die von Ver Planck, die nur von s/D abhängen.

DK 621.317.727.015.33

Die Messung steiler Hochspannungsstöße mittels Spannungsteiler. [Nach R. Elsner, Arch.Elektrotechn. 33 (1939) H. 1, S. 23; 18 S., 14 Abb.]

Nach einem Überblick über die Grenzen der Verwendungsmöglichkeit von Kugelfunkenstrecken zur Messung steiler Höchstspannungsstöße und die zweckmäßigsten Schaltungen zur Aufnahme solcher Stoßspannungen wird die Frage der Meßteiler für Höchstspannungsstöße behandelt.

Von den zur Aufnahme sehr hoher Spannungsstöße in Frage kommenden Spannungsteilerarten, dem rein kapazitiven, dem rein ohmischen und dem gemischt ohmisch-kapazitiven Teiler, ist der rein kapazitive Teiler in seiner Verwendungsmöglichkeit im allgemeinen auf Innenraum-Prüffelder beschränkt, da er eine Aufstellung des Kathodenstrahloszillographen in unmittelbarer Nähe des Teilers bedingt. Gegenüber den im amerikanischen Schrifttum beschriebenen kapazitiven Spannungsteilern wird eine Anordnung aus mehreren in Reihe geschalteten Kopplungskondensatoren empfohlen.

Der Widerstandsteiler und der durch Parallelschaltung von Kondensatoren und Widerständen gebildete gemischte Spannungsteiler haben gegenüber dem kapazitiven Teiler den Vorteil, daß der Oszillograph in gewisser Entfernung vom Teiler aufgestellt werden kann. Die Theorie des reinen Widerstandsteilers und des kombinierten Teilers wird an Hand eines geeigneten Kettenleiterschemas entwickelt und aus den genauen Formeln werden vereinfachte Beziehungen für den Spannungsverlauf am Abgriff hergeleitet, welche die Bemessungsgrundlagen für den betreffenden Teiler liefern. Es zeigt sich, daß beim reinen Widerstandsteiler die Grundzeitkonstante RC/π^2 etwa um eine Größenordnung kleiner als die aufzunehmende Stirnlänge T_s sein muß, wenn der Vorgang noch genügend formgetreu wiedergegeben werden soll. Da diese Bedingung bei steilen Stoßwellen zu verhältnismäßig niedrigen Widerstandswerten führt, wird dadurch unter Umständen der Ausnutzungsfaktor des Stoßgenerators nicht unerheblich verschlechtert. Der gemischt ohmisch-kapazitive Spannungsteiler unterliegt demgegenüber keiner Beschränkung hinsichtlich des Widerstandswertes. Durch Messungen des Stoßspannungsverlaufs längs eines Schniewindtbandes wird dessen praktische Induktionsfreiheit nachgewiesen. Vergleichende Aufnahmen von Vollwellen und abgeschnittenen Wellen mit dem Widerstandsteiler sowie mit dem gemischten Teiler zeigen die Überlegenheit des letzteren, insbesondere für Aufnahmen von sehr steilen Stoßwellen, die in der Stirn zusammenbrechen.

DK 621.317.725.027.3

Ein Normalspannungsmesser für hohe Spannungen mit einstellbarer Empfindlichkeit. [Nach M. Nacken, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 1, S. 60; 11 S., 8 Abb.]

Das Thomsonsche absolute Elektrometer wird in der Ausführung mit elektrodynamischer Kompensation häufig als Grundlage zur Konstruktion von Hochspannungsmessern herangezogen, da durch die Anwendung dieses Grundgedankens das Gerät in absoluten Einheiten geeicht werden kann, und diese Eichung wegen des Wegfalls von Änderungen der Feldverzerrungen am Meßflügel auch für geänderte Abstände der Elektroden theoretisch genau erhaltenbleibt. Die Genauigkeit der Eichung in absoluten Einheiten aus den Abmessungen des Instruments und der gemessenen Kraft beträgt bei besten Ausführungen 0,5%. Zur Erzielung einer höheren Genauigkeit und eines bequemeren Eichvorgehens wird dem Instrument durch eine geänderte Kompensationseinrichtung eine so hohe Empfindlichkeit erteilt, daß die Eichung durch Vergleich mit dem Normalelement bei einer Genauigkeit von 0,001% gelingt. Die Empfindlichkeit des Instruments wird dem jeweiligen Verwendungszweck in kontinuierlicher Regelung während des Betriebes angepaßt. Der Meßbereich des ausgeführten Geräts erfaßt Spannungen bis 200 kV und kann durch stärkere Dimensionierung der Elektrodenstützer und Vergrößerung der Elektrodenfläche beliebig erhöht werden.

[1]) D. W. Ver Planck, Electr. Engng. 57 (1938) S. 45; vgl. auch ETZ 59 (1938) H. 17, S. 447.

Lichttechnik.

DK 621.326.5

Eine neue elektrische Glühlampe. [Nach F. Skaupy, Licht u. Lampe 27 (1938) S. 603; ½ S., 1 Abb.]

Im Gegensatz zu den üblichen Glühlampen mit Wolframleuchtkörper und Metallhalterung besteht bei der von F. Skaupy und Mitarbeitern entwickelten Lampe der Leuchtkörper aus einem Stift von nichtmetallischem Werkstoff, der einen dünnen Überzug aus Wolfram trägt. Dabei übernimmt der Wolframbelag den Hauptteil der Stromleitung und bildet den lichtausstrahlenden Teil der Anordnung, während der Stift vorwiegend als Träger des Belages dient. Bei der Herstellung wurden aus Pasten von Zirkon- und Thoroxyden mit organischen Bindemitteln und Zusätzen Fäden von 2 mm Dmr. gepreßt, auf deren getrockneter Oberfläche der Wolframbelag durch Überziehen mit einer kolloidalen Wolframsäurelösung hoher Konzentration mit anschließendem Trocknen und Reduzieren aufgebracht wurde. Sodann wurde eine Kontaktanordnung mit dem Glühsystem in eine Glühlampenglocke eingeschlossen und diese evakuiert. Bei den Brennversuchen erwies sich Zirkonoxyd als temperaturwechselbeständiger als Thoroxyd. Dabei wird angestrebt, die Eigenleitfähigkeit des Oxydstiftes möglichst gering zu halten. Die Lampen erscheinen für alle Zwecke, bei denen ein stiftförmiger Leuchtkörper erstrebt wird, z. B. bei optischen Geräten u. a., besonders geeignet. Weitere Versuche zur Verwendung solcher Leuchtkörper an Stelle gewöhnlicher Glühlampen für Netzspannung und zur Herstellung von Einheiten niedriger Wattzahlen sind noch im Gange. *Tsch.*

Elektrowärme.

DK 621.365.52 : 669.04

Schmelzversuche mit einem kernlosen Netzfrequenzofen. [Nach G. Mars, Stahl u. Eisen 58 (1938) S. 833 u. 865; 12 S., 8 Abb.]

Der Verfasser schildert zunächst an Hand des Schrifttums die geschichtliche Entwicklung der kernlosen Induktionsöfen, um dann die eigenen Versuche näher zu beschreiben. Zur Verfügung standen ein 1000 kVA-Umformer mit 100 V Spannung und eine 80 cm hohe Spule

Abb. 3. Schaltschema der Ofenanlage.

mit 18 Windungen eines rechteckigen Kupferrohres von 40×25 mm² Querschnitt. Der Ofen für den Vorversuch hatte eine Wandstärke von 6,5 mm, einen Innendurchmesser von 59 cm, einen Außendurchmesser von 64 cm und eine lichte Weite des Herdes von 50 cm.

Versuchsofen 1. Verwendet wurde eine Spule von 2×18 Windungen mit 22×22 mm² Querschnitt, 7 mm Wandstärke, 91 cm Spulenhöhe, 59/63,4 cm Spulendurchmesser und einem Einsatz von 1000 bis 1200 kg. Der Ofen war zu groß und mußte mit einem 1800 kVA-Transformator und 160 V betrieben werden.

Versuchsofen 2. Festgelegt wurde ein Herddurchmesser von 50 cm mit einer Wandstärke von 6 cm. Der Spulendurchmesser betrug innen 62 cm und die Badhöhe 50 cm bei 650 kg

Einsatz. Aus Berechnungen ergab sich dann ein Kupferquerschnitt der Spule von 16,2 mm Höhe, 36 mm Breite und 2×19 Windungen.

Die Schaltung ist aus Abb. 3 ersichtlich. Der Verfasser beschreibt dann die Ofenbauart, die für das Schmelzen unter Vakuum entwickelt wurde. Der Verlauf einer Schmelze ist aus Abb. 4 zu sehen. Bemerkenswert ist die Leistungssteigerung am Anfang von 250 kW bis 310 kW, dann ein Fallen unter 150 kW und nach Verflüssigung des Bades wiederum eine Steigerung auf 215 kW. Erwähnt werden noch andere

Abb. 4. Verlauf der Schmelze Nr. 67 im Niederfrequenz-Versuchsofen.

Schmelzen, die Bedeutung der Badbewegung und die Abhängigkeit des Stromverbrauches von der Art des Einsatzes und vom Füllfaktor. Weiterhin werden Vergleiche zwischen dem Nieder- und Hochfrequenzofen gezogen. Die Stromverbrauchszahlen werden in 7 Gruppen unterteilt und einzeln ermittelt. Der Gesamtverbrauch aus zwei Schmelzen stellt sich auf 611,3 kWh/t. Die Schlußfolgerung ergibt, daß der Hochfrequenzofen für Kleinschrott und kleine Ofenabmessungen, der Niederfrequenzofen für groben Schrott und große Abmessungen am geeignetsten sind. *Kps.*

Verkehrstechnik.

DK 621.396.663.029.62

Peilmeßeinrichtungen für Wellenlängen zwischen 6 und 10 m. [Nach R. L. Smith-Rose u. H. G. Hopkins, J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938) S. 87; 11 S., 4 Abb.]

Der Aufsatz beschreibt die Meßerfahrungen mit zwei Peilmeßeinrichtungen. Die erste Einrichtung besteht aus einem Doppelaudionempfänger mit Niederfrequenzverstärker. Als Peilindikator wird eine Rahmenantenne benutzt. Die zweite Einrichtung verwendet das Adcock-Peilprinzip, wobei die Empfangsantenne aus zwei senkrechten auf einem Gestell befestigten Dipolen (Abstand rd. 1,5 m) besteht. Die Gleichrichter- und Verstärkerschaltung ist die gleiche wie bei der ersten Anordnung. Mit beiden Peileinrichtungen wurden zahlreiche Versuche unternommen und die Peilabweichungen bei den verschiedenartigsten Geländeeigenheiten — Hindernisse in Form von Draht und Rohrleitungen, Luftleitern, Bäumen, Häusern usw. — gemessen. Mit dem leicht tragbaren Rahmenpeiler wurde eine Genauigkeit von 1 bis 2° bei günstigstem Gelände erzielt. Hindernisse wie Gebäude, Bäume und Leitungen müssen hierbei einen Mindestabstand von 100 m haben. Wurde auf der Sendeseite eine waagerecht polarisierte Antenne verwendet, so betrugen die größten Peilabweichungen in einem Abstand von 22 Meilen 8°, die meisten jedoch 2°. Die Versuche ergaben, daß die Peilfehler bei Verwendung der Dipolanordnung an Stelle des Rahmens vollständig verschwinden. Die Peilfehler beim Rahmenpeiler werden durch zusätzlichen Empfang von horizontal polarisierten Wellen hervorgerufen. *Fr. S.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.396.622.029.64

Untersuchung an Detektoren im Gebiet sehr kurzer elektrischer Wellen. [Nach J. Rottgardt, Z. techn. Phys. 19 (1938) S. 262; 2 S., 1 Abb.]

Durch eine gewisse Systematik in der Auswahl der verschiedensten Detektorkombinationen versucht diese Arbeit die Frage zu klären, welcher Detektor sich besonders im Gebiet sehr kurzer elektrischer Wellen für Indikatorinstrumente eignet. Die Zahlentafel 1 gibt einen Überblick über die untersuchten

Zahlentafel 1

Spitzen	Kristalle								
	Bleiglanz	Kupferkies	Molybdänglanz	Tellur	Zinnkies	Wismut	Borkarbid	Antimon	Silizium
Stahl	10^3	10^2	10^2	10^2	10^1	10^0	10^1	10^0	10^3
Nickel	10^2	10^1	0	10^1	10^1		10^1		10^2
Kupfer	10^2	0		10^1	10^1		10^0	10^0	10^1
Molybdän	10^3	10^1	10^1	10^2	10^2	10^1	10^1	10^0	10^3
Silber	10^3	10^2	10^0	10^1	10^2	10^0	10^0		10^3
Wolfram	10^3	10^2	10^1	10^2	10^2	10^2	10^2	10^0	10^3
Platin	10^3	10^2	10^1	10^1	10^2	10^0	10^2		10^3
Bronze	10^2	0	0	10^0	10^1				10^1
Konstantan	10^2	10^2	10^1	10^2	10^2	10^2	10^2	10^0	10^3
Messing	10^2	10^1	10^1	10^2	10^2	10^1			10^2
Chrom-Eisen	10^3	10^1	0	10^2	10^2	10^2			10^4
Nickel-Eisen	10^2	0		10^1	10^3		10^0		

Detektorkombinationen bei einer Wellenlänge $\lambda = 10{,}8$ cm. Die angeführten Zahlen kennzeichnen die Größenordnung der jeweils gemessenen Detektorströme im Vergleich zu dem geringsten Detektorstrom, dem der Wert 1 zugeordnet ist. An jeder Kombination wurden mindestens 40 Kontaktpunkte untersucht und die Metallspitze durch Gewichte so belastet, daß eine optimale Empfindlichkeit erreicht wurde. Die Messungen wurden bei konstanter Senderleistung vorgenommen. Für eine Wellenlänge $\lambda = 50$ cm sind die gefundenen Meßergebnisse in der Zahlentafel 2 zusammengestellt. Versuche an

Zahlentafel 2

Spitzen	Kristalle				
	Schwefeleisen	Bleiglanz	Kupferkies	Siliziumkarbid	Graphit
Stahl	10^1	10^3	10^3	10^3	10^2
Nickel	10^2	10^3	10^2	10^2	10^2
Kupfer	10^2	10^3	10^2	10^2	10^1
Molybdän	10^2	10^3	10^2	10^2	10^2
Silber	10^2	10^3	10^2	10^2	10^1
Wolfram	10^2	10^3	10^3	10^2	10^3
Platin	10^1	10^3	10^3	10^3	10^2
Tantal	10^2	10^3	10^3	10^3	10^2
Messing	10^2	10^3	10^3	10^3	10^3

einem Detektor aus Selen — auch mit den verschiedenen Modifikationen des Selens — haben vorläufig zu keinem Ergebnis geführt. Einer besonderen Prüfung wurde dagegen noch ein Wolfram-Silizium-Detektor unterzogen, der in dem Wellenbereich von $\lambda = 50$ bis 1,4 cm gute Konstanz und Empfindlichkeit aufwies. Die Empfindlichkeit dieses Wolfram-Silizium-Detektors steigt, wie Versuche bei einer Wellenlänge von $\lambda = 6$ cm und konstanter Senderenergie zeigen (Zahlentafel 3), in erster Näherung mit der Differenz der beim Anlegen

Zahlentafel 3

Detektorempfindlichkeit in willkürlichen Einheiten	$I_1 - I_2$	Detektorempfindlichkeit in willkürlichen Einheiten	$I_1 - I_2$
15	0,2	230	3,0
40	0,5	240	4,0
60	1,5	290	2,8
100	2,8	415	5,0
180	3,2	550	3,9

einer Gleichspannung fließenden Durchlaß- und Sperrströme, so daß damit die Möglichkeit gegeben ist, vor der eigentlichen Hochfrequenzmessung durch eine Gleichstrommessung die günstigste Einstellung des Detektors vorzunehmen. *Mhg.*

DK 621.318.52 : 614.86

Einfaches, selbsttätiges Blinkgerät.

Die zunehmende Motorisierung und die ständig wachsenden Fahrzeuggeschwindigkeiten machen die Kennzeichnung besonders gefährdeter Stellen (Kurven, Übergänge) durch

Warnzeichen erforderlich, wozu sich Blink- oder Flackerlicht als wirksam erwiesen hat. Nachstehend wird ein einfaches, selbsttätiges Gerät beschrieben, welches bei 6 V etwa 3,5 W verbraucht. Als Steuerorgan wird ein Urdox-Regler verwendet, der aus einer Heizwendel und einem Hohlkörper mit hohem Kaltwiderstand (>100 000 Ω) und mit negativem Temperaturkoeffizienten besteht[1]). Dieser Widerstand sinkt bei Heizung rasch auf den Wert von etwa 250 Ω. Ändert man den überstrichenen Widerstandsbereich durch feste Begrenzung der Erwärmung bzw. Abkühlung des Hohlkörpers, so ändert man damit die Zeit für Erwärmung und Abkühlung selbst.

H Urdox-Heizdraht *R* Urdox-Röhrchen
L Lampe *S* Schalter
M Magnetspule (Relais) *U* Batterie

Abb. 5. links: Schaltung des Blinkgerätes; rechts oben: Heizdrahtstrom; rechts unten: Strom im Röhrchen und Magneten.

Diese Eigenschaft wird zur Schaltung einer Lampe mittels eines Relais (vgl. Abb. 5) ausgenutzt. Bei Schließung des Stromkreises durch den Schalter *S* liegt der Heizdraht *H* entweder direkt über dem unteren Relaiskontakt oder — nach Umschaltung — über dem oberen und die Lampe *L* an der Stromquelle *U*. Das Umschalten von dem unteren auf den oberen Kontakt bewirkt die Magnetspule *M* des Relais. Dies geschieht dann, wenn das Röhrchen *R* des Urdoxreglers gerade voll aufgeheizt ist. Nach dem Umschalten setzt der Widerstand der Lampe den Heizstrom wieder herab. Hierdurch kühlt sich das Röhrchen ab, der Magnet läßt seinen Anker los, der wieder den unteren Kontakt schließt usw. Der Vorgang wiederholt sich andauernd. Abb. 5 rechts oben ist nach einem aufgenommenen Oszillogramm gezeichnet. Der obere Teil des Bildes zeigt den Heizdrahtstrom, der zwischen 0,9 A und 0,25 A schwankt. Infolge des hohen Temperaturkoeffizienten des Widerstandes zeigt der Heizstrom eine hohe Einschaltüberstromspitze. Auf dem unteren Teil der Abb. 5 rechts ist der Strom abgebildet, der durch das Röhrchen und den Magneten fließt. Man sieht, daß er bei großem Heizstrom bis auf etwa 0,025 A ansteigt und bei kleinem Heizstrom bis auf etwa 0,010 A absinkt. Entsprechend dem Heizstrom schwankt der Strom durch die Lampe zwischen etwa 0,025 A und Null, wodurch die Blinkzeichen erzeugt werden.

Man erhält im vorliegenden Falle ein Blinklicht von 60 Wechsel in der Minute, wobei Brenn- und Dunkelzeiten der Lampe nahezu gleich sind. Die Frequenz ist direkt abhängig von der Art der verwendeten Lampe. Sie beträgt etwa 45 Wechsel bei einer Lampe für 6 V, 0,35 A und etwa 20 Wechsel für dieselbe Lampe bei 5 V Betriebsspannung. Brenn- und Dunkelzeiten ändern sich dabei bis zum Verhältnis 2 : 1. Durch Änderung der Schaltung lassen sich auch zwei Lampen abwechselnd ein- und ausschalten, was z. B. für Werbezwecke anwendbar ist. W. Reichart.

DK 621.397.62

Über Potentialaufbau und den Wirkungsgrad von Halbleiterbildfängern. [Nach G. Krawinkel u. H. Salow, Telegr.-, Fernspr.- u. Funk-Techn. 27 (1938) S. 285; 6 S., 8 Abb.]

Der Halbleiterbildfänger verwendet als Träger der Speicherkapazitäten statt der hochisolierenden Trägerschicht des Ikonoskopes von Zworykin ein Dielektrikum von endlichem Widerstand. Der optimale Wert der Zeitkonstanten beträgt etwa 0,2 s. Das ist das Fünffache der Speicherzeit. Es ist verständlich, wenn Potentialänderungen nicht plötzlich erfolgen können, sondern eine gewisse Zeit zu ihrem endgültigen Aufbau erfordern. Bei rasch wechselndem Bildinhalt führt dies zu Störerscheinungen, insbesondere zu Nachbildern. Sie beruhen darauf, daß die photoelektrische Ladungsverteilung nicht vollständig durch einen Abtastvorgang abgebaut werden kann. Es konnte gezeigt werden, daß diese Störungen stark von den Einstelldaten des Bildfängers abhängen. Durch Anwendung von hohem Strahlstrom und geringer Absaugspannung zwischen Bildplatte und Absauganode, d. h. einer steilen Sekundäremissions-Hubcharakteristik können die Einstellzeiten verkürzt und die Nachbilder beseitigt werden. Eine genaue Berechnung der Einstellzeiten auf Grund der gemessenen Charakteristiken des Halbleiterbildfängers führt zu folgender Gleichung:

$$\frac{S_n}{S_\infty} - 1 = -\,e^{-[T/\tau\,(1+\alpha L R) - \ln(1-\beta)]\,n}.$$

Darin bedeutet S_n das Bildsignal nach der n-ten Abtastung, S_∞ das Endsignal bei Dauerbetrieb. Das Verhältnis S_n/S_∞ gibt also an, wie weit sich ein Signal dem Endzustand genähert hat. Es bedeuten T die Bildabtastzeit, τ die Zeitkonstante der Halbleiterplatte, α die Steilheit der Photocharakteristik, L den das Signal hervorrufenden Lichtstrom, R den Widerstand der Schicht, β die Steilheit der Sekundäremissions-Hubcharakteristik und n die Zahl der Abtastungen. Die Gleichung wurde durch Messungen der einzelnen Signale in einer einfachen Versuchsanordnung geprüft und die angegebene Abhängigkeit von den verschiedenen Größen bestätigt. Nach diesen Ergebnissen genügt im allgemeinen die Anwendung eines hohen β-Wertes zur Beseitigung der Störungen. Sollten in der Praxis noch höhere Anforderungen an die Einstellgeschwindigkeit der Bilder gestellt werden, so müssen kleinere Zeitkonstanten unter Verlust an Speicherwirkung verwandt werden.

Zur Definition des Wirkungsgrades eines Bildfängers ist eine Beziehung zwischen der je Bildpunkt zur Verfügung stehenden photoelektrischen Ladung und der durch den Abtaststrahl erzeugten Signalladung erforderlich. Sinngemäß spricht man vom Wirkungsgrad 1 dann, wenn beide auftretenden Ladungsmengen gleich groß sind. Es sei i_{fs} der Photostrom in der Sättigung für einen Bildpunkt, dann ist $i_{fs} \cdot T$ die gesamte gespeicherte photoelektrische Ladung. i_v sei der bei der Signalerzeugung auftretende Verschiebungsstrom, dann ist $\int_{t=0}^{t=\Delta t} i_v \,\mathrm{d}t$ die während der Abtastzeit Δt je Bildpunkt entstehende Signalladung. Für den Halbleiterbildfänger ist $\int_{t=0}^{t=\Delta t} i_v \,\mathrm{d}t = s\,C$, wenn s die Signalspannung und C die Kapazität eines Bildpunktes ist. Damit wird allgemein der Wirkungsgrad:

$$W = \frac{s\,C}{i_{fs}\,T} = \frac{s}{i_{fs}\,R}\;\frac{\tau}{T}.$$

Im Maximum der Empfindlichkeit des Halbleiterbildfängers findet man dann $W = 0{,}5$. Unter der Annahme, daß der von Zworykin, Morton und Flory angegebene Wirkungsgrad für das Ikonoskop von etwa 5% auf der gleichen Definition beruht, ergibt sich eine Empfindlichkeitssteigerung um den Faktor 10 gegenüber dem normalen Ikonoskop. *Slw.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 537.52 : 535.215

Über Photoionisierung durch den elektrischen Funken. [Nach C. Brinkmann, Arch. Elektrotechn. 32 (1938) H. 1, S. 1; 22 S., 21 Abb.]

Für viele Fragen auf dem Gebiete der elektrischen Gasentladungen, insbesondere für die Durchschlagstheorie, kommt dem vom elektrischen Funken ausgesandten ultravioletten Licht besondere Bedeutung zu. Schon seit langem kennt man dessen Einwirkung auf den Durchschlag einer zweiten Funkenstrecke und weiß heute, daß man es in solchem Falle mit einer Zündspannungsabsenkung zu tun hat, die durch den Photostrom hervorgerufen wird.

C. Brinkmann untersucht die photoionisierende Wirkung des elektrischen Funkens durch elektrometrische Messung der an einer Metallelektrode ausgelösten Elektronenmenge. Als Vergleichslichtquelle wird auch eine Quarzglas-Quecksilberlampe benutzt. Die Bestrahlung der Meßelektrode (Kathode) erfolgt innerhalb einer Meßkammer im allgemeinen durch ein Drahtnetz hindurch, das eine positive Spannung gegen Erde besitzt und somit als Anode dient.

Der Verfasser berichtet zunächst kurz über die photoelektrisch wirksame Intensität der Quecksilberlampe sowie über die an der Versuchselektrode auftretende Ermüdungserscheinung. Dann wird die Elektronenausbeute in Abhängigkeit von der Saugspannung des Gitters näher untersucht. Dabei stellt sich heraus, daß unter Atmosphärendruck sowohl bei Quarzlampen- als auch bei Funkenbestrahlung kein Sättigungsstrom meßbar ist. Selbst bei seitlicher Einstrahlung von zwei gleichen gegenüberstehenden plattenförmigen Vollelektroden ergibt sich derselbe ansteigende Kennlinienverlauf. Erst wenn man die Meßkammer auspumpt bildet sich ein Sättigungsbereich aus.

[1]) Neldel, Z. techn. Phys. 18 (1937) S. 464; E. Weise, ETZ 59 (1938) S. 1085.

Bei Hochvakuum wird dieser Sättigungswert schon bei einer verhältnismäßig geringen Saugspannung erreicht. Von da ab steigt der Photostrom mit zunehmender Feldstärke nur noch wenig an und kann in gewissen Grenzen als annähernd konstant angesehen werden.

Weitere Untersuchungen behandeln die Abnahme der photoionisierenden Wirkung mit zunehmender Entfernung der Lichtquelle. Da sie überquadratisch ist, wird die Abweichung vom optischen Entfernungsgesetz auf Luftabsorption zurückgeführt. Eine solche Abweichung tritt nicht nur bei Funken-, sondern auch bei Quarzlampenbestrahlung auf. Daß der Potenzexponent nicht konstant, sondern bei verschiedenen Messungen verschieden, außerdem selbst abstandsabhängig ist, wird als ein weiterer Beweis für Absorption angeführt. So ergibt sich, daß auch die Empfindlichkeit der Meßelektrode wegen der damit verbundenen Breite des wirksamen Strahlungsbereiches für die Abstandsabhängigkeit von Bedeutung ist. Ferner folgt die Photoemission des bekanntlich an sehr kurzwelligen Linien weniger reichen Lichtes des Kupfer- und Zinkfunkens mit weit größerer Annäherung dem quadratischen Entfernungsgesetz als beim Aluminiumfunken. Messungen mit einer in den Strahlengang eingeschalteten druckveränderlichen Luftsäule zeigen weiterhin eine mit zunehmendem Druck wesentliche Abnahme der photoionisierenden Wirkung. Das bestätigt, daß die Luftabsorption auch noch in größeren Entfernungen für die Gesamtstrahlung der ultravioletten Lichtquelle beachtlich sein kann. Werte hierfür werden aus den Versuchsergebnissen berechnet.

Schließlich wird auch noch die Absorption der photoelektrisch wirksamen Strahlung bei einigen Quarzplatten behandelt. Die Messungen erstrecken sich ebenfalls unter verschiedenen Versuchsbedingungen auf Quarzlampen- und auf Funkenlicht.

Theoretisch sind die Ergebnisse, was Absorption und Photoemission anbelangt, durchaus begründet. Die Absorption von Quarzglas kommt bei Wellenlängen unterhalb von etwa 280 bis 220 mμ zur Geltung. Die atmosphärische Luft (und zwar ist im wesentlichen nur der Sauerstoff maßgebend) beginnt bei etwa 200 mμ zu absorbieren. Daß sich die Absorption allgemein so stark bemerkbar machen kann, wird verständlich, wenn man beachtet, daß die photoelektrische Elektronenausbeute gerade zu kürzeren Wellenlängen hin erheblich zunimmt. Für die Luftabsorption kommt weiterhin in Betracht, daß die durchstrahlten Luftschichten oft sehr groß sind; sie kann sich aber natürlich nur dann merklich geltend machen, wenn Lichtquellen (z. B. Aluminiumfunke, Quarzglas-Quecksilberlampe) zur Verwendung kommen, die noch unterhalb 200 mμ wesentliche Spektrallinien besitzen.

Die Photoemission eines Funkens der hier vorliegenden Größenordnung ($U_F = 10$ kV; $C_F = 0{,}1$ μF) wird je nach Elektrodenmaterial zu 10^{11} bis 10^{13} Elektronen (bezogen auf 10 cm Abstand) angegeben. Aber auch die Ausbeute der Quecksilberlampe ist ziemlich groß. Jedoch ist dabei in Betracht zu ziehen, daß das Funkenlicht in außerordentlich kurzer Zeit (10^{-5} bis 10^{-6} s, vielleicht sogar noch kürzer) wirksam ist, so daß dessen in der Zeiteinheit ausgelöste Ladungsmenge die der Quarzlampe noch um viele Größenordnungen übersteigt. Daher erklärt sich auch die große Photowirkung eines Funkens auf den Durchschlag einer zweiten Entladungsstrecke.

DK 621.318.42

Beitrag zur qualitativen Theorie gleichstromvormagnetisierter Eisenkern-Drosselspulen. [Nach G. Hauffe, Arch. Elektrotechn. 32 (1938) H. 1, S. 41; 7 S., 0 Abb.]

Der Ersatz der experimentell zu ermittelnden statischen Magnetisierungskurve durch eine endliche Potenzreihe mit steigenden ungeradzahligen Potenzen gestattet einen übersichtlichen Einblick in die qualitative Theorie der gleichstromvormagnetisierten Drosselspule. Es bereitet keine wesentlichen mathematischen Schwierigkeiten, die Potenzreihe bis zum 4. oder 5. Gliede zu berücksichtigen. Um den Wert der angestellten Untersuchungen und die Tragweite der sich aus ihnen ergebenden Schlüsse nicht zu überschätzen, seien die gemachten vereinfachenden Voraussetzungen ausdrücklich hervorgehoben; es sind dies:

Vernachlässigung der Eisen- und Kupferverluste, sowie der Streuung, Annahme einer rein sinusförmigen Erregerspannung.

Mit diesen Voraussetzungen läßt sich das Verhalten der einzelnen Harmonischen der Amperewindungen analytisch übersichtlich darstellen und der Diskussion erschließen. Insbesondere läßt sich der Einfluß des Kernwerkstoffes und der Kernabmessungen leicht verfolgen. Wird die Potenzreihe bereits hinter dem 3. Gliede abgebrochen, so ergibt sich, daß für die Amperewindungen Harmonische ungerader Ordnungszahl bis zur 5. zu erwarten sind, von denen nur die letzte unabhängig von der Gleichstromvormagnetisierung wird, daß Harmonische gerader Ordnungszahl bis zur 4. zu erwarten sind, die sämtlich von der Gleichstromvormagnetisierung in der Weise abhängen, daß sie mit ihr verschwinden bzw. mit deren Vorzeichenwechsel ihre Phase um 180 elektrische Grade ändern. Es ergibt sich ferner, daß es möglich sein muß, die 3. Harmonische zu eliminieren, wobei dann die dadurch in Kauf zu nehmenden geradzahligen Harmonischen durch den Parallelbetrieb zweier baulich völlig übereinstimmender gleichstromvormagnetisierter Drosselspulen mit Vorzeichen verschiedener Vormagnetisierung kompensiert werden können. Praktisch werden sich die Folgerungen aus den angestellten Untersuchungen wegen der verschiedenen idealisierenden Voraussetzungen nur angenähert erfüllen lassen.

Physik.

DK 536.45 : 621.315.5

Zur Berechnung der Temperatur von Glühdrähten. [Nach J. Fischer, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 1, S. 48; 6 S., 5 Abb.]

Zugrunde gelegt ist der Glühdraht in seiner einfachsten Ausführungsform: Ein gestreckter, linearer Leiter von konstantem Querschnitt, dessen Enden die gleiche und zeitlich konstante Temperatur haben, wird in einem luftleeren Behälter vom elektrischen Leitungsstrom stark erwärmt. Die Differentialgleichung der stationären Temperaturverteilung ist bei Annahme grauer Strahlung vom vierten, bei Annahme selektiver Strahlung blanker Metalloberflächen vom fünften Grade und daher mit bekannten einfachen Funktionen nicht mehr integrierbar. Für die hauptsächlich wichtige höchste Temperatur in der Stabmitte wird unter ganz allgemeinen Voraussetzungen ein Ausdruck entwickelt, der durch einfache Näherungsverfahren, z. B. die Simpsonsche Regel, integriert werden kann. Das Ergebnis, für das Beispiele gegeben sind, vermittelt den Zusammenhang zwischen geometrischen und physikalischen Konstanten des Leiters, Temperatur und Heizstrom I. Man liest aus ihm z. B. ab, wann ein Glühdraht unzweckmäßig kurz und wann er unnötig lang ist. Weiter wird für den Sonderfall, daß die metallisch abgeleitete Wärme gegenüber der abgestrahlten vernachlässigt werden kann, der einfache Ausdruck für die Temperatur erörtert; z. B. ist bei temperaturabhängigem elektrischem Widerstand und bei starker Erwärmung die Temperatur proportional zu $I^{1/3}$. Schließlich wird für den genannten Sonderfall der zeitliche Verlauf der Abkühlung errechnet, der im allgemeinen nicht exponentiell ist, vielmehr davon erheblich abweicht und in kennzeichnender Weise von großen Temperaturen aus anders vor sich geht als von kleinen.

Werkstatt und Baustoffe.

DK 621.386.8 : 620.17

Selbsttätige makroskopische Werkstoffuntersuchung mit Röntgenstrahlen. [Nach I. E. de Graaf und J. H. van der Tuuk, Philips techn. Rdsch. 3 (1938) S. 232; 8 S., 8 Abb.]

Zur Untersuchung auf Lunker wird das Werkstück mit Röntgenstrahlen durchstrahlt. Die austretende Strahlung trifft auf zwei Ionisationskammern in Kompensationsschaltung, die als ein System in gemeinsamer Gasfüllung (Xenon) gebaut sind. Der Differenzstrom der Ionisationskammern wird über einen hohen Widerstand geführt und durch den an diesem entstehenden Spannungsabfall mit einem empfindlichen Verstärker gemessen. Bei gesundem Werkstück hat der Differenzstrom den Wert Null, befindet sich jedoch über einer der beiden Ionisationskammern ein Lunker, so dringt an dieser Stelle mehr Röntgenstrahlung durch das Werkstück und es entsteht ein Differenzstrom, wodurch der Fehler angezeigt wird. Bei der Prüfung wird das Werkstück (z. B. ein Rohr) zwischen Röntgenröhre und Ionisationskammer in Schraubenlinie sehr rasch durchbewegt. Bei einer Abtastgeschwindigkeit von 85 cm/s konnte bei Wanddicken bis zu 20 mm ein Fehler von 3 mm Breite noch nachgewiesen werden, wenn er eine Tiefe von etwa 10% der Wanddicke aufwies. Voraussetzung dabei war, daß die Röntgenröhre mit Gleichspannung von nicht mehr als 2% Wellung betrieben wurde. Mit einer vorläufigen Ausführung des Gerätes wurden Rohre von 10 mm Wanddicke und etwa 10 cm Dmr. auf Gußblasen von mindestens 3 mm Dmr. untersucht. Die minutliche Umdrehungszahl der Rohre beim schraubenförmigen Abtasten betrug 200, die Ganghöhe der Abtastung 1 mm, so daß 20 cm Rohrlänge je Sekunde untersucht werden konnten. *ro.*

FÜR DEN JUNGINGENIEUR.

Gehäuseformen von Wechselstrommaschinen. I.

Von K. Bätz VDE, Berlin.

DK 621.313.3-212

Übersicht. Die den Entwurf von Wechselstromgehäusen beeinflussenden Aufgaben werden beschrieben, und es wird versucht, die Lösung der auftretenden Fragen an z. Z. üblichen Gehäuseformen zu zeigen. In dieser Arbeit werden nur solche Gehäuseformen behandelt, deren aktives Blechpaket aus vollen Blechringen aufgebaut ist; es sind dies Maschinen kleiner bis mittlerer Leistung. In einem später erscheinenden Aufsatz werden auch Großmaschinen behandelt, deren Gehäusebleche aus Blechsegmenten zusammengesetzt sind.

Bei der neuzeitlichen Wechselstrommaschine hat sich folgender Aufbau eingebürgert: Der Anker steht still und besteht aus einem aus Blechen aufgebauten Ring, der mit Nuten versehen ist, die eine Wicklung tragen. Der feststehende Teil, auch Ständer genannt, umschließt eng einen Drehkörper, den Läufer. Dieser ist bei den Synchronmaschinen als Polrad ausgebildet, bei den Asynchronmaschinen besteht er ebenfalls aus einem Blechkörper mit eingebauter Wicklung. Der Läufer dreht sich innerhalb des stillstehenden Teiles und ist über eine Welle in Lagerstellen geführt. Diese Lager sind entweder getrennt aufgestellt oder durch besondere Lagerschilde mit dem Ständer verbunden. Zwischen Läufer und Ständer ist ein Abstand, Luftspalt genannt, notwendig, über den die Energieumsetzung erfolgt. Dieser Luftspalt muß am ganzen Umfang zwischen Läufer und Ständer in jedem Zustand gleich bleiben, da bei ungleichmäßigem Luftspalt erhebliche magnetische Kräfte auftreten. Außer einer starren Ausbildung des Läufers hängt die Stetigkeit des Luftspaltes von der Formfestigkeit des Ständers ab. Das Ständerblechpaket muß fest zusammengepreßt werden, da lose Blechpakete brummen; außerdem muß es irgendwie auf dem Fundament, gegebenenfalls auch als Flanschmotor an eine Wand befestigt sein. Zu diesem Zweck wird das Ständerblechpaket in ein Gehäuse eingebaut, dessen Aufgaben folgendermaßen zu kennzeichnen sind: Es dient 1. als Träger des Blechpaketes, 2. als Befestigungsmittel, 3. als Luftführungskörper und 4. als Träger der Lagerschilde, soweit solche in Frage kommen. Die beim Betrieb auftretenden Belastungen werden zum großen Teil über das Blechpaket auf das Gehäuse übertragen.

Das Gehäuse wird beansprucht durch 1. Gewicht der Ständerbleche und Eigengewicht, 2. Drehmoment, 3. einseitigen magnetischen Zug bei ungleichem Luftspalt, 4. Kurzschlußkräfte, 5. Temperaturänderungen.

In einem weiten Größenbereich, bis etwa 1 m Ständerblechaußendurchmesser, werden die Bleche aus vollen Blechringen angefertigt. Darüber hinaus baut man das Blechpaket aus überlappt geschichteten Blechsegmenten auf. Diese Grenze ist durch die handelsüblichen Blechgrößen gegeben.

Bei den aus vollen Blechringen bestehenden Ständern ist von vornherein eine natürliche Steifigkeit des feststehenden Teiles vorhanden, so daß man sich darauf beschränken könnte, die Bleche in geeigneter Weise zusammenzupressen und mit einer Stützkonstruktion zur Befestigung auf dem Fundament zu versehen. Die Aufnahme des Drehmomentes erfolgt an einem im Verhältnis zum Wellenzapfen großen Hebelarm und bereitet, da hier nur verhältnismäßig kleine Kräfte auftreten, keine besonderen Schwierigkeiten. In diesem Bereich wird der Entwurf des Gehäuses daher im wesentlichen bestimmt durch die Forderungen nach zweckmäßiger Luftführung, die eine gute Wärmeabfuhr ermöglichen muß, und nach einwandfreier Befestigung der Lagerschilde. Darüber hinaus müssen die verschiedenen Bauformen nach DIN VDE 2900 und Schutzformen nach DIN VDE 50, soweit sie die Gehäuse beeinflussen, beachtet werden.

Wichtig für den Entwurf eines Gehäuses ist ferner die Bestimmung der Fußhöhe, das ist das senkrechte Maß vom Gehäusemittelpunkt bis zur Auflagefläche der Gehäusefüße. Bei Maschinen mit Lagerschilden, wo das Gehäuse die umlaufenden Teile mitträgt, wird man die Fußhöhe stets größer als den Gehäusehalbmesser wählen, d. h. das Gehäuse darf mit Rücksicht auf die Standfestigkeit der Maschine nicht durchhängen. Bei Maschinen mit getrennt aufgestellten Lagern ist man von dieser Einschränkung frei. Hier werden die einzelnen Hauptteile der Maschine wie Gehäuse und Lager in der Regel auf einen besonderen Grundrahmen gestellt, der nach Bedarf im Fundament vergossen wird. Das Gehäuse kann hier in den Grundrahmen und bei großen Maschinen sogar bis in eine in der Mitte des Rahmens vorzusehende Fundamentgrube ragen. Bei der Festlegung der Fußhöhe sind die normalen Fußhöhen nach DIN 747 zu beachten.

Abb. 1. Blechmantelgehäuse.

Die in den letzten zehn Jahren besonders im Elektromaschinenbau eingeführte Elektroschweißung wird auch in dem betrachteten Größenbereich für die Herstellung von Gehäusen verwendet, die dann aus Walzstahl aufgebaut sind. In demselben Umfange werden aber auch Gehäuse aus Gußeisen hergestellt. Entscheidend für die Wahl der Ausführung ist gewöhnlich die Zahl der zu liefernden Maschinen. Bei Maschinen, die in einer bestimmt zu erwartenden größeren Anzahl zur Lieferung kommen, wird das Gehäuse überwiegend gegossen, und die Schweißkonstruktion bleibt auf Sonderausführungen beschränkt. Bei kleinen Maschinen ist man aber heute auch schon zur reihenmäßigen Herstellung geschweißter Gehäuse übergegangen. Als neueste Gehäuseart kann man wohl die Gehäuse aus Leichtmetall ansprechen, die in einem dem Spritzguß ähnlichen Verfahren hergestellt werden. Leichtmetall setzt wegen der hohen Kosten der Gußformen ebenfalls den gesicherten Umsatz einer großen Zahl von Maschinen voraus und bleibt daher auf kleinere Maschinen beschränkt.

Das Gehäuse der Kleinmaschinen.

Der neuzeitliche Stahlbau hat bei den kleinen Maschinen von ⅛ kW bis rd. 1,1 kW die Ausführung in Gußeisen bei verschiedenen Herstellern fast ganz verdrängt.

Durch gut durchgebildete Herstellungsverfahren ist es heute möglich, die Fabrikation von geschweißten Gehäusen für Kleinmotoren reihenmäßig zu betreiben. Bei kleinsten Maschinen besteht das Gehäuse nur aus einem Blechmantel. Die Stirnseiten des Blechmantels werden vor dem Rollen des Mantels scharf nach innen umgebördelt. Der gerollte Mantel selbst ist, bevor er um das Blechpaket gelegt wird, an einer Langseite offen. Die Ständerbleche werden auf einem genau in die Bohrung passenden Dorn geschichtet und auf einer Presse auf das erforderliche Maß zusammengepreßt. Um die unter Pressung stehenden Bleche wird jetzt der Mantel so gelegt, daß die umgebogenen Stirnseiten des Blechpaketes zusammenhalten. Die offene Längsfuge des Blechmantels wird dann elektrisch verschweißt. Mit diesem aus Blechpaket und Mantel bestehenden Körper ist ein universales Element geschaffen, das je nach Verwendungszweck mit angeschweißten Füßen oder anderen Befestigungsteilen versehen wird (Abb. 1). Die Lagerschilde werden mit Schraubenbolzen, die durch Löcher im aktiven Blechpaket gehen, mit dem Gehäuse verschraubt.

Abb. 2. Schema der Durchzugsbelüftung.

Leichtmetall für die Gehäuse der Kleinmaschinen hat sich in weitem Umfange eingeführt. Die Ständerbleche werden, wie oben beschrieben, auf einem Dorn geschichtet, gepreßt und in einer Spritzformmaschine unter hohem Druck mit einer Leichtmetallegierung umgossen. Die Form ist so ausgebildet, daß sich an den Stirnseiten des Ständers Verstärkungen ausbilden, die das Blechpaket beim Erkalten fest zusammenhalten. Die Füße aus Stahlblech oder Gußeisen werden angeschraubt. Die äußere Umfangsfläche ist glatt und reicht für die Wärmeabfuhr durch Strahlung aus. Die Wärmeüberleitung von den Blechen an den Gehäusemantel ist hier durch die beim Umgießen des Blechpaketes sich ergebende innige Verbindung besonders gut.

Das Gehäuse mittlerer Maschinen.

Bei größeren Maschinen reichen die beschriebenen Hilfsmittel zum Zusammenpressen der Bleche nicht aus. Man hält hier die Bleche durch kräftige Flansche oder Preßringe zusammen, die entweder an am äußeren Blechrücken entlang geführte Stege angeschweißt sind oder mittels Spannstifte in einem Rippenkörper gehalten werden. Die erstgenannte Ausführung verwendet man vorwiegend bei Maschinen, die ganz aus Stahl aufgebaut sind, während die zweite Befestigungsart die normale Befestigung von Blechpaketen in Gußgehäusen ist. Das Gehäuse aus Gußeisen, einst die normale Bauart, wird heute zwar bei einer wachsenden Zahl von Maschinengrößen durch Stahl bzw. Leichtmetallgehäuse verdrängt. Für Größen von etwa 30 bis etwa 800 kW verwendet man aber nach wie vor gegossene Gehäuse aus folgenden Überlegungen: Diese Maschinen sind in bezug auf Leistung und Abmessungen typisiert. Sie werden, wenn auch nicht in den großen Stückzahlen der Kleinmaschinen, in einer größeren Zahl umgesetzt, die immerhin die Anfertigung von Gußmodellen rechtfertigt. Die Ausnutzung eines bestimmten Modelles wird noch dadurch erhöht, indem man das Gehäuse für den Einbau verschiedener Leistungen einrichtet, d. h. in einem Gehäuse können Blechpakete verschiedener Breite eingebaut werden.

Belüftung.

Bei diesen größeren Maschinen reicht im allgemeinen die Wärmeabfuhr durch Strahlung nicht mehr aus, und man muß mittels eingebauter Lüfter Kühlluft möglichst

Abb. 3. Schema der beiderseitigen Belüftung.

gut geführt an den besonders warmwerdenden Teilen vorbeibewegen und ausblasen. Man unterscheidet heute hauptsächlich zwei Lüftungsarten:

a) die Durchzugbelüftung (Abb. 2),
b) die beiderseitige Belüftung (Abb. 3).

Bei den kleineren Maschinen wird vielfach die Durchzugbelüftung verwendet. Die Luft tritt auf der einen Stirnseite durch das Lagerschild ein und wird von einem auf

Luftaustritt

Q Luftmenge in m³ V Luftgeschwindigkeit in m/s
F Querschnitt in m²

Abb. 4. Luftverteilung im geschlossenen Gehäuse.

der anderen Seite befindlichen Lüfter durch die Maschine gesaugt und ausgeblasen. Das Blechpaket hat keine Luftschlitze und das Gehäuse ist ganz geschlossen.

Bei der beiderseitigen Belüftung tritt die Luft auf beiden Stirnseiten ein, wird über die Wickelköpfe und durch radiale Luftschlitze im aktiven Blechpaket in den Gehäuserücken geblasen, von wo aus sie bei den offenen Maschinen durch Öffnungen in der Gehäuseaußenwand

frei in den Raum tritt. Bei geschlossenen Maschinen wird sie im Gehäuserücken bis zu einer gewöhnlich kaminartig ausgebildeten Öffnung geführt, die entweder oben oder unten und in besonderen Fällen seitlich am Gehäuse vorgesehen wird. Der Querschnitt des Gehäuserückens, d. i. der Raum zwischen Blechpaket und Gehäuseaußenwand, ist also für ausreichenden Luftdurchtritt auszubilden, während man bei den offenen Maschinen bemüht ist, ihn der besseren Wärmeleitung wegen so niedrig wie möglich zu halten. Einen Anhalt für die Bestimmung des Gehäuserückenquerschnittes bei geschlossenen Maschinen gibt die Überlegung, daß die in der Zeiteinheit durchtretende Luft gleich ist dem durchströmten Querschnitt mal Luftgeschwindigkeit, also $Q_{m^3/s} = F_{m^2} \cdot V_{m/s}$. Die erforderliche Luftmenge ist abhängig von der abzuführenden Verlustwärme. Für die Luftgeschwindigkeit gibt Glöckner einen Wert $V_{Luft} = 0{,}15\, V_{Lüfter}$ an, wenn $V_{Lüfter}$ die Außenumfangsgeschwindigkeit des eingebauten Lüfters ist, d. h. bei $V = 40$ m/s des Lüfters ist die Luftgeschwindigkeit 6 m/s. Eine richtige Querschnittsausbildung zeigt die Abb. 4.

Abb. 5a. Lagerschildbefestigung beim Gußeisengehäuse.

Abb. 5b. Lagerschildbefestigung beim geschweißten Walzstahlgehäuse.

In der Regel wird man die Gehäuse konzentrisch ausbilden, d. h. den Wert $F = 3/8\, Q/V$ als Gehäuserückenquerschnitt am ganzen Umfang einhalten. Wo es aber die Steifigkeit des Gehäuses erlaubt, formt man sie exzentrisch unter Beachtung der Abb. 4. Um keine störenden Luftwirbelungen auftreten zu lassen, sind schroffe Querschnittsübergänge und scharfe Kanten möglichst zu vermeiden. Bei Maschinen, bei denen die geschlossene Form zwecks Unterdrückung störenden Maschinengeräusches gewählt wird, die warme Abluft aber frei in den Raum treten könnte, ordnet man den Luftaustrittsstutzen oben an und setzt noch einen Geräuschdämpfungskamin auf. Das ist ein Blechkasten, der im Inneren eine Anzahl mit Filz verkleideter Kammern enthält, die außerordentlich viel vom nach außen dringenden Geräusch verschlucken.

Befestigung der Lagerschilde.

Die Befestigungsmöglichkeit für die Lagerschilde und deren Form bei Lagerschildmaschinen beeinflußt ebenfalls den Entwurf eines Gehäuses. Bei den größeren Maschinen erhält das Gehäuse besondere Flansche, an die die Lagerschilde geschraubt werden. Die axiale Entfernung dieser Flansche vom Blechpaket ist bestimmt durch die Forderung, den für die Wicklung notwendigen Raum zu schaffen. Bei Maschinen mit gegossenen Gehäusen und Lagerschilden wird diese Forderung gleichmäßig beim Gehäuse und beim Lagerschild beachtet. Bei größeren Lagerschildmaschinen aus Walzstahl bestehen die Lagerschilde in der Regel aus geraden versteiften Wänden mit eingesetzten Lagerköpfen. Hier müssen die Befestigungsflansche so weit vom Blechpaket entfernt angeordnet werden, daß der erforderliche Wickelraum entsteht. Abb. 5a zeigt die grundsätzliche Anordnung bei gegossener, Abb. 5b bei geschweißter Ausführung.

Aufhängemöglichkeiten für den Transport.

Für den Transport des Gehäuses bzw. bei Lagerschildmaschinen der ganzen Maschine sind am Gehäuse Aufhängemöglichkeiten vorzusehen. Das sind in der Regel angegossene bzw. angeschweißte Verstärkungen, in die eine Hebeöse geschraubt wird. Bei größeren und schwereren Gehäusen sieht man für den Transport am Gehäuse

a fertig geschweißtes Skelett

b fertiges Gehäuse

c Mantel

d Klammern und Zentrierringe

e fertiger Motor

Abb. 6a bis e. Stahlmotor.

besondere kräftige Ansätze vor, in die die Transportseile unmittelbar greifen. Die Ausbildung dieser Ansätze bzw. Verstärkungen muß sich organisch in den Aufbau des Gehäuses einfügen.

Wicklungsbefestigung.

Die außerhalb des Blechpaketes liegenden Teile der Gehäusewicklung, die sogenannten Wickelköpfe, müssen kurzschlußsicher ausgebildet werden, d. h. die Wickelköpfe müssen so verstärkt sein, daß bei Kurzschlüssen die dabei auftretenden erheblichen Kräfte keine schädlichen Verformungen in der Wicklung hervorrufen. Bei den kleinen Maschinen kann man die Wickelköpfe in sich ausreichend versteifen. Bei den größeren und großen Maschinen stützt man diese noch besonders am Gehäuse

ab. Es sind also an den Stirnwangen bzw. an den Preßplatten- oder Ringen Befestigungsmöglichkeiten für die Wicklungsstützbolzen vorzusehen.

Ausführungsbeispiele.

Bei den nachfolgenden Beispielen wird die Betrachtung wieder von den kleineren Maschinen beginnend durchgeführt.

1. Gehäuse des Stahlmotors.

Beim Stahlmotor wird, wie bei den oben beschriebenen Kleinstmaschinen, das Ständerblechpaket auf einem Dorn geschichtet und dann unter einer Presse zusammengepreßt. Noch auf der Presse werden Klammern um das Blechpaket gelegt, die dieses nun zusammenhalten. Diese Klammern werden dann mit den Zentrierringen für die

Abb. 7. Leichtmetallmotor.

Lagerschilde zusammengeschweißt, die aus starkem Stahlblech gezogenen Fußleisten werden mittels kurzer Stege an die Zentrierringe geschweißt. Anschließend werden die Ringe beiderseits bearbeitet und die Gehäusefüße auf Maß gefräst.

Abb. 6 zeigt die Einzelteile und den Aufbau eines solchen Gehäuses. Der aus kräftigem Stahlblech geprägte Mantel wird abschließend auf die Zentrierringe geschraubt. Diese Motoren werden normal tropfwassergeschützt ausgeführt. Andere Bauformen werden durch die Verwendung von besonders ausgebildeten Stahlblechmänteln erreicht.

2. Gehäuse aus Leichtmetall.

In dem Leistungsbereich bis zu 70 kW sind in den letzten Jahren auch Maschinen mit Gehäusen aus Leichtmetall auf dem Markt erschienen. Abb. 7 zeigt einen solchen Motor. Ähnlich wie beim Stahlmotor wird hier erst das aktive Blechpaket auf einen Dorn geschichtet, gepreßt, dann aber auf rd. 250° vorgewärmt. Dann wird es in eine Gießform geschoben, die ebenfalls auf 250° vorgewärmt ist. Diese Gießform ist innerhalb einer Gießmaschine auf einer Planscheibe befestigt, die in Umdrehungen versetzt wird. Bei Erreichung einer bestimmten Drehzahl wird das flüssige Leichtmetall eingegossen und durch die Fliehkraft in die Hohlräume der Form geschleudert. Das Gehäuse selbst besteht aus einem Ring und Klammern, die beim Erkalten das Blechpaket fest zusammenhalten.

Wurde hier als Werkstoff für diese Gehäuse eine Aluminiumlegierung verwendet, so sind in der letzten Zeit Maschinen mit Gehäusen aus Magnesiumlegierungen auf dem Markt erschienen[1]).

3. Gehäuse aus Gußeisen.

Kennzeichnend für die Gehäuse aus Aluminium war der Gang der Herstellung: Um das gepreßte Blechpaket wurde das Gehäuse gebaut bzw. gegossen. Beim normalen Gußgehäuse wird das Gehäuse fertig bearbeitet und das Blechpaket eingeschichtet. Den Aufbau eines solchen Gehäuses zeigt Abb. 8. Das Paket sitzt in einem Rippenkörper, der durch Stege mit den Flanschen für die Lagerschilde und mit der Außenwand verbunden ist. Das Zusammenhalten der Bleche erfolgt durch Preßringe, die mittels Spannstifte in den Tragrippen gehalten werden.

Abb. 8. Gußeisengehäuse.

Vielfach ist ein Preßring gleich im Gehäuse eingegossen. Die äußere Form des Gehäuses ist durch die schon oben angedeuteten Forderungen der Luftführung und der verlangten Schutzart bestimmt.

a Nachbildung eines Gußeisengehäuses

b Gehäuse für offene Ausführung

c Gehäuse für geschlossene Ausführung

Abb. 9a bis c. Formen von Walzstahlgehäusen.

Verschiedentlich werden die Leichtmetallgehäuse ähnlich aufgebaut, da bei kleinerer Stückzahl die Kosten der für das Spritzgußverfahren erforderlichen Vorrichtungen den Preis des heutigen Motors zu ungünstig beeinflussen würde.

[1]) A. Schanz, ETZ 59 (1938) S. 612, Abb. 1.

4. Gehäuse aus Walzstahl geschweißt.

Zuerst wurden Gehäuse aus Walzstahl als Ersatz für Gußgehäuse verwendet, d. h. für ein nicht schnell genug zu beschaffendes Gußgehäuse wurde ein getreu nachgebautes Gehäuse aus Walzstahl geschweißt. Die weitere Entwicklung der Schweißtechnik und ihre Anwendung auch bei der Herstellung von Lagerschilden ergab schließlich für geschweißte Gehäuse besondere Bauformen.

Abb. 9 a zeigt ein Gehäuse, das ein Gehäuse aus Gußeisen ersetzt. Ausbildung der Lagerschildflansche, Schaffung des Wickelraums sind getreu dem Gußmodell nachgebildet.

In Abb. 9 b ist ein geschweißtes Gehäuse aus Walzstahl für eine offene Lagerschildmaschine mit beiderseitiger Belüftung gezeigt. Der für die Wicklung erforderliche Raum wird durch das Herüberziehen des Gehäusemantels gebildet. Die Lagerschilde bestehen aus glatten, mit Rippen versehenen Wänden, so daß der Mehraufwand am Gehäuse durch die einfachen Lagerschilde ausgeglichen wird. Abb. 9 c zeigt das Gehäuse einer geschlossenen Maschine für beiderseitige Belüftung. Während bei den Maschinen mit Gehäusen und Lagerschilden aus Gußeisen die Frischluft durch Luftstutzen der Lagerschilde eintritt, hat man hier, um ebenfalls einfache Lagerschilde zu bekommen, den Lufteintritt am Gehäuse angebracht. Die Lagerschildflansche wurden weiter herausgerückt, und die Luft tritt vom Mantel aus in den Raum, der sich dann zwischen Wicklungsschutz und Lagerschild ergibt, und von dort aus in das Innere der Maschine. Das Blechpaket ruht wie beim Gußgehäuse in einem Rippenkörper und wird nach dem Bearbeiten des Gehäuses eingeschichtet. Die Ausbildung dieses Rippenkörpers, der mit dem Außenmantel verschweißt ist, erfolgt heute nach schweißtechnischen Überlegungen und ist von der Gußform nicht mehr beeinflußt.

a Luftspalt 0,10 mm
b Luftspalt 0,02 mm

Abb. 10. Temperaturgefälle in den Blechpaketen geschlossener Drehstrommotoren.

5. Mantelgekühlte Gehäuse.

Eine besondere Bauart, die sich aber heute in wachsendem Maße einführt, haben die Gehäuse für mantelgekühlte Maschinen. Elektromotoren müssen oft unter sehr ungünstigen Betriebsverhältnissen in leicht verschmutzenden Räumen laufen, z. B. Bergwerksmaschinen. Für diese Zwecke werden heute fast ausschließlich ganz gekapselte mantelgekühlte Maschinen verwendet.

Die Abgabe der in der Maschine entstehenden Verlustwärme erfolgt hier durch Wärmestrahlung des Gehäuses. Zur Verbesserung der Wärmeabgabe sind die Gehäuse dieser Maschinen von einer bestimmten Größe an am äußeren Umfang mit Rippen versehen.

Der innere Aufbau unterscheidet sich dadurch von der oben beschriebenen Normalbauart, daß hier das Blechpaket möglichst fest mit seiner äußeren Umfangsfläche am Gehäusemantel anliegt, um eine gute Wärmeabgabe an den Mantel zu erzielen. Welche Bedeutung die innige Verbindung des Blechpaketes mit dem Mantel für die Wärmeableitung hat, ergibt sich schon daraus, daß die Wärmeleitfähigkeit ruhender Luft sehr gering ist und nur etwa $^1/_{2500}$ von Eisen beträgt. In Abb. 10 ist durch Linie *b* das Temperaturgefälle bei praktisch vollkommen anliegenden Blechen angegeben, wobei ein theoretischer Luftspalt von 0,02 mm eingesetzt wurde, während Linie *a* die Werte für einen Luftzwischenraum von 0,10 mm darstellt.

Abb. 11 a. Mantelgekühlter Motor.

Abb. 11 b. Mantelgekühlter Motor mit Oberflächenkühlung.

Die Wärmeabgabe des Außenmantels erfolgt bei kleinen Maschinen lediglich durch Strahlung, bei größeren Maschinen wird durch einen Lüfter Kühlluft mit erheblicher Geschwindigkeit über das Gehäuse geblasen. Um die Wärmeabgabe der Innenluft, vor allem zur Abführung der Verlustwärme des Läufers zu verbessern, ist bei den größeren mantelgekühlten Motoren noch eine innere Umlaufkühlung vorgesehen. Bei Motoren von etwa 22 kW an sind am Läufer noch besondere Lüfterflügel angebracht, die die Innenluft in Bewegung setzen und entweder durch die als Kanäle ausgebildeten Gehäusefüße oder besondere Kühlrohre pressen. In Abb. 11 a, die einen Motor dieser Bauart zeigt, ist die Ausbildung des Gehäuses zu erkennen. Bei größeren Motoren von etwa 75 kW an wird zusätzlich noch ein besonderer Oberflächenkühler vorgesehen. Die Innenluft wird in diesem Falle durch vom äußeren Luftstrom umspülte Kammern geblasen[2]). Abb. 11 b zeigt einen mantelgekühlten Motor mit Oberflächenkühler. Die mantelgekühlte Bauart beschränkte sich bei Drehstrommaschinen bisher lediglich auf Asynchronmotoren und wurde dort schon bis zu Leistungen von etwa 400 kW angewandt[3]). Synchronmaschinen, vor allem Generatoren, wurden bisher in dieser Form nicht

[2]) S. a. R. Schütte, Die Berechnung von Oberflächenkühlern für geschlossene, außenbelüftete Elektromotoren größerer Leistung, ETZ 58 (1937) S. 977.

[3]) H. Göschel, ETZ 58 (1937) S. 1317, Abb. 11.

ausgeführt, schon aus dem Grunde, weil der Raum für eine Stromerzeugungsanlage im allgemeinen von den Betriebsräumen, die diese Bauart fordern, abgetrennt ist. Die ständig wachsende Anwendung elektrischer Energie wird jedoch mehr und mehr zur mantelgekühlten Bauart für Synchronmaschinen führen (z. B. Frequenzumformer in Spinnereibetrieben).

6. Gehäuse für Sondermaschinen.

a) Gehäuse für ständergespeiste Drehstromnebenschlußmotoren.

Abb. 12 zeigt einen ständergespeisten Drehstrom-Nebenschlußmotor mit einem geschweißten Gehäuse. Die Formgebung dieses Gehäuses ist hauptsächlich bestimmt durch den über dem Hauptmotor liegenden Drehregler, eine Anordnung, die sich für diese Maschinen als beste Lösung bewährt hat. Die weiteren Besonderheiten dieser Gehäuse ergeben sich zwangsläufig aus dem Aufbau der Maschine und der Forderung nach guter Zugängigkeit der Innenteile.

b) Gehäuse für Bahnmotoren.

Die neuzeitlichen Gehäuse für Einphasen-Bahnmotoren sind mit Rücksicht auf die hohen Beanspruchungen beim Bahnbetrieb aus Stahlguß. Das aktive Blechpaket, in das bekanntlich die Pole eingestanzt sind, wird auf einem genau in die Bohrung passenden Walzendorn geschichtet und durch starke Preßringe und durch in Nuten am äußeren Blechumfang geführte Schrumpfstege zusammengepreßt. Das fertige Paket wird auf Passung überdreht und schließlich mit Wicklung in das erwärmte Gehäuse eingeschrumpft. Bestimmend für die Formgebung des Gehäuses sind hier außer den erwähnten hohen Beanspruchungen beim Fahrbetrieb die Forderung nach möglichst gedrängter Bauart und nach ausreichenden Luftkanälen. Die Lösung wurde hier durch hohe Luftdrücke und Luftgeschwindigkeiten bei getrennt aufgestellten Lüftern erleichtert.

Auch bei diesen Gehäusen sind neuerdings bei Einzelausführungen Gehäuse aus Walzstahl geschweißt worden.

c) Gehäuse für senkrechte Aufstellung.

Die Gehäuse für Maschinen mit senkrechter Welle kann man nicht als besondere Bauform für eine bestimmte Maschinenart ansprechen, da für jede normale Maschine die senkrechte Lage vorkommen kann. Es treten aber beim Entwurf doch besondere Forderungen auf, die eine vom normalen Gehäuse erheblich abweichende Form ergeben. Zunächst muß das Gewicht der Gehäusebleche, das jetzt in Achsrichtung senkrecht nach unten wirkt, vom Gehäuse entsprechend aufgenommen werden. Das geschieht im allgemeinen dadurch, daß man den unteren Preßring entweder fest mit dem Gehäuse verschraubt oder aber ihn als Verlängerung einer Gehäusewange ausbildet. Im übrigen ist der innere Aufbau derselbe wie bei Maschinen mit waagerechter Welle. Zur Befestigung des Gehäuses auf einem Grundrahmen usw. sind Flansche vorzusehen, deren Abmessungen für bestimmte Größen in DIN VDE 2941 genormt sind. Weiterhin wird die Gehäuseform beeinflußt von der Forderung, leicht die hier zum Teil im Gehäuse liegenden Schleifringe und Lager beobachten zu können. Für die Wahl des Werkstoffes gelten die gleichen Überlegungen wie bei den waagerechten Gehäusen.

d) Sonstige Sonderformen.

Der hohe Stand der Schweißtechnik ermöglicht es heute leichter als früher, an den Bau von Sondermaschinen heranzugehen, da die für die Einzelfertigung zu hohen Modellkosten wegfallen; bei Walzstahl ist man auch in der Ausbildung der Form freier als bei Gußeisen.

Abb. 12. Ständergespeister Drehstromnebenschlußmotor.

So finden wir heute elektrische Maschinen als Abteufmotoren mit Wasserkühlung im Gehäuse oder als Pendelmaschinen für Luftschraubenprüfstände mit drehbar gelagertem Gehäuse[4]). Der innere Aufbau der Gehäuse ist in seinen Elementen zur Befestigung der Gehäusebleche fast immer der gleiche. Nur die aus der jeweiligen Verwendung sich ergebenden äußeren Formen sind entsprechend auszubilden.

Allgemeines.

Das Bestreben, die Zahl der zur Verwendung kommenden Lagerschildmodelle nach Möglichkeit einzuschränken, veranlaßte verschiedene Hersteller zu versuchen, in dem Bereich der kleineren Maschinen die Gehäuseformen von Wechselstrom- und Gleichstrommaschinen zumindestens in den Befestigungsflanschen für die Lagerschilde aufeinander abzustimmen. Diese Vereinfachung der Fabrikation ist in bestimmten Grenzen ohne weiteres möglich, bedingt aber, daß darauf schon bei der elektrischen Bemessung der Maschinen Rücksicht genommen wird[5]).

[4]) E. Lötterle, ETZ 59 (1938) S. 709, Abb. 1 u. 2.
[5]) E. Ziehl, ETZ 53 (1932) S. 401.

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.

Ausschuß für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke.

Der Ausschuß hat VDE 0430/1926 „Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke in Luft" einer eingehenden Neubearbeitung unterzogen, wobei die entsprechenden Festlegungen der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) weitgehend berücksichtigt wurden. Im Zusammenhang mit der Neufassung von VDE 0430 ist ebenfalls eine Neubearbeitung von VDE 0431/1933 „Regeln für das Messen von Spannungen in Röntgenanlagen mit der Kugelfunkenstrecke" (siehe auch DIN RÖNT 7) erforderlich geworden, die inzwischen in die Wege geleitet wurde.

Das Ergebnis der Beratungen des Ausschusses für Spannungsmessungen hat zu dem Neuentwurf von

VDE 0430 „Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke"

geführt, der in ETZ 60 (1939) S. 99 veröffentlicht ist. In diesem Zusammenhang wird auf die einführenden Bemerkungen des Ausschußvorsitzenden, Herrn Dr. Weicker, auf S. 97 dieses Heftes verwiesen.

Begründete Einsprüche und Anregungen zu dem Entwurf sind bis spätestens zum 28. Februar 1939 an die Geschäftsstelle des VDE einzureichen.

Ausschuß für Bahnwesen.

Der Arbeitsausschuß „Fahrleitungen" der Normgruppe „Bahnen" bei der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie hat einen Normblattentwurf

DIN VDE 3164 „Schäkel"

aufgestellt. Da bereits die meisten an dem Normblatt interessierten Stellen den Entwurf zur Kenntnisnahme erhalten haben, wird von einer Veröffentlichung Abstand genommen. Der Entwurf wird jedoch auf Wunsch kostenlos abgegeben.

Begründete Einsprüche gegen den Entwurf sind bis zum 15. 2. 1939 an die Geschäftsstelle des VDE einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Verwaltungsvorschriften für Kreuzungen bei Starkstromanlagen.

In den bei der ETZ-Verlag GmbH. erschienenen Sonderdruck

„Verwaltungsvorschriften der Reichsbahn, Reichspost und Reichswasserstraßenverwaltung für Kreuzungen mit fremden Starkstromanlagen"

sind nunmehr auch die

„Richtlinien des Reichswirtschaftsministeriums über Kreuzung der Reichsautobahnen mit Elektrizitätsversorgungsanlagen"

aufgenommen worden, die mit Anordnung des Reichswirtschaftsministeriums II. En 7923/38 vom 30. September 1938 herausgegeben wurden.

Wegen dieser Umfangsvermehrung mußte der Preis des Sonderdruckes von RM 0,60 auf RM 0,70 erhöht werden. Er ist durch jede Buchhandlung von der ETZ-Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus, zu beziehen.

Sonderdruck VDE 0410/X. 38 „Regeln für Meßgeräte".

In Tafel VIII des Sonderdruckes von VDE 0410/X. 38 „Regeln für Meßgeräte" sind die Abbildungen zu den Nummern 13 und 15 vertauscht worden. Die Spalten 13 und 15 sind hierunter nochmals richtig abgedruckt.

13 Thermoumformer mit Drehspulmeßgerät* — 15 Isolierter Thermoumformer mit Drehspulmeßgerät*

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.

VDE

Unberechtigte Verwendung des VDE-Zeichens für Heizkissen.

Es besteht Veranlassung darauf hinzuweisen, daß für Heizkissen, welche als Warenzeichen die Bezeichnung „Kleebrink" und die Abbildung eines Kleeblattes tragen, bisher keine Genehmigung zur Führung des VDE-Zeichens erteilt worden ist. Sollten derartige Heizkissen mit dem VDE-Zeichen im Handel festgestellt werden, so bittet die VDE-Prüfstelle, diese zurückzuweisen und ihr von dem Auftauchen solcher Kissen Mitteilung zu machen.

Bezirk Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Programmänderung.

Der angekündigte Vortrag

des Herrn Professor Dr.-Ing. H. Kafka VDE, Ladowitz, am Donnerstag, dem 26. Januar 1939, 20^{00}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Ebene Vektorrechnung und symbolische Methode bei Wechselstromaufgaben"

findet nicht statt.

Jahresversammlung

am Dienstag, dem 31. Januar 1939, 20^{00}, im Großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen.
2. Jahresbericht.
3. Kassenbericht.
4. Wahl der Rechnungsprüfer.
5. Vortrag des Herrn Direktor Professor Dr. Dr. h. c. P. Debye, Berlin, über das Thema:
   „Die Supraleitung".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Elektrische Bahnen".

Leiter: Professor Dr.-Ing. P. Müller VDE.

Vortrag

des Herrn Reichsbahn-Bauassessor Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE, Berlin, am Dienstag, dem 7. Februar 1939, 20⁰⁰, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Aus der Entwicklung der Schnellbahnen" (ältere und neuere Entwürfe und Versuche).

Eintritt und Kleiderablage frei.

Besichtigung.

Am Freitag, dem 24. Februar 1939, findet eine Besichtigung der Otto Elsner, Buchdruckerei und Verlagsbuchhandlung KG., Berlin SW 68, statt. Es werden dort insbesondere der Buch-, Tief- und Offsetdruck (Setzerei, Druckerei, Buchbinderei) gezeigt werden.

Treffpunkt: 9⁰⁰ auf dem Hof der Otto Elsner-Druckerei, Berlin SW 68, Oranienstr. 140/142 (U-Bahnhof: Moritzplatz; Straßenbahnen: 92, 93, 98, 27, 47, 148, 1, 28, 44, 128, 141; Omnibus: 11).

Die Besucherzahl ist begrenzt. Besichtigungskarten werden **nur** auf Grund schriftlicher Bestellung durch unsere Geschäftstelle kostenlos zugestellt. Bei der Bestellung ist die genaue Angabe der Anschriften der einzelnen Teilnehmer erforderlich. Die Teilnehmerliste wird am 13. Februar 1939 geschlossen.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18⁰⁰ im VDE-Haus, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
26. 1. 1939 Vortragsreihe „Ausgewählte Fragen der Rundfunkempfangstechnik" „Gegengekoppelte Verstärker", Vortragender: Oberingenieur H. Bartels.

Hochspannungstechnik. Leiter: Dr.-Ing. G. Hameister VDE.
27. 1. 1939 Vortragsreihe „Die Netze und der Bau ihrer wichtigsten Anlagenteile": „Freiluftanlagen für Höchstspannungen", Vortragender: Oberingenieur G. Meiners VDE.

Installationstechnik. Leiter: Dipl.-Ing. R. Schamberger VDE.
31. 1. 1939 „Anlagen in explosionsgefährdeten Betrieben unter Berücksichtigung der VDE-Vorschriften", Vortragender: Dipl.-Ing. Th. Teinert VDE.

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. Boekels VDE.
1. 2. 1939 „Über Maßnahmen zur Erzielung der Betriebssicherheit von Wandlern", Vortragender: Dipl.-Ing. G. Becker.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
2. 2. 1939 Vortragsreihe „Relais in der Starkstromtechnik": „Das Berliner Netz", Vortragender: Dr.-Ing. H. Titze VDE. Dieser Vortrag mit Besichtigung der Relaissammlung der Bewag findet im Laboratorium der Bewag, Berlin N 65, Sellerstr. 16, statt.

Elektrizitätswerke. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. B. J. v. d. Knesebeck VDE.
3. 2. 1939 Vortragsreihe „Aufgaben aus der Verbundwirtschaft": „Günstigste Lastverteilung parallelarbeitender Energieerzeuger", Vortragender: Dr.-Ing. G. Hauffe VDE.

VDE Bezirk Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Niedersachsen, Hannover. 31. 1. (Di), 20⁰⁰, T. H.: „Anlauf-Vorgänge bei elektromotorischen Antrieben". Obering. Reiss.

Deutsches Arbeitsschutzmuseum, Berlin. 12. Lehrgang über „Entstehung und Verhütung von Berufskrankheiten". Dienstags 7., 14., 21., 28. 2., 7., 14., 21. u. 28. 3., 16⁰⁰ bis 18⁰⁰, Charlottenburg, Fraunhoferstr. 11/12. Teilnehmergebühr für die ganze Vortragsreihe 6 RM, für den Einzelvortrag 1,50 RM. Näheres durch die Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg, Fraunhoferstr. 11/12. Fernruf: 34 09 36.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

W. Gaede †. — Im Alter von 73 Jahren starb am 29. 12. 1938 in Berlin Herr Dr.-Ing. E. h. Wilhelm Gaede. In Greifswald am 5. 11. 1865 geboren, besuchte er dort das Gymnasium, und schon während seiner Schulzeit galt sein ganzes Interesse der Technik. So studierte er denn nach praktischer Tätigkeit auf dem Technikum Mittweida i. Sa. und nach der Abschlußprüfung an der T. H. München Maschinenbau und Elektrotechnik. Seine erste Anstellung erhielt er bei der Fried. Krupp AG., Essen. Von dort siedelte er als Zivilingenieur nach Berlin über, stand auch kurze Zeit im Dienste der Union Elektrizitätsgesellschaft und wurde dann von der neugegründeten Elektricitätswerk Südwest AG. als Betriebsdirektor eingestellt, zu deren Vorstandsmitglied er im Jahre 1902 bestellt wurde. Dem betriebssicheren und fortschrittlichen Ausbau dieses Werkes galt die Lebensarbeit Gaedes. Als er im Jahre 1933 als Achtundsechzigjähriger in den verdienten Ruhestand ging, hatte er in 3½ Jahrzehnten unermüdlicher und gewissenhaftester Arbeit ein neuzeitliches Großversorgungsunternehmen geschaffen, das die drei großen Bezirke Schöneberg, Wilmersdorf und Schmargendorf der Reichshauptstadt mit elektrischer Energie belieferte. Nachdem ihm bereits 1931 die T. H. Braunschweig die Würde eines Dr.-Ing. E. h. verliehen hatte[1]), wurde er nach seinem Ausscheiden aus dem Vorstand als Anerkennung seiner erfolgreichen Arbeit in den Aufsichtsrat der Elektricitätswerk Südwest AG. gewählt, dem er bis zur Eingliederung der Gesellschaft in die Berliner Kraft- und Licht- (Bewag) AG. angehörte. *oll.*

F. W. Schmidt †. — Nach schwerer Krankheit verschied am 24. 12. 1938 in Selb kurz nach Vollendung seines 60. Lebensjahres Herr Landesbaurat Franz Wilhelm Schmidt. Sein Name ist aufs engste verknüpft mit dem Aufbau und der Entwicklung der Rosenthal-Isolatoren-Fabriken, in die er kurz nach ihrer Gründung im Jahre 1900 eintrat. Gegen Ende des Weltkrieges wurde Herr Schmidt, der die ersten Kriegsjahre an der Karpathenfront miterlebte, zum Direktor ernannt, und einige Jahre später trat er in den Vorstand der Porzellanfabrik Ph. Rosenthal & Co. AG. ein, dem er bis zu seinem Ausscheiden aus der Firma im Jahre 1932 angehörte. Auch in den folgenden Jahren war er noch als Berater in dem Betriebe Selb der Rosenthal-Isolatoren-G. m. b. H. unermüdlich tätig. Besondere Verdienste erwarb er sich bei der Konstruktion eines Kappenhängeisolators mit kittloser Bolzenbefestigung und der Durchbildung von Herstellungsverfahren beim Gießen technischer Porzellane.

L. H. Baekeland. „Es ist kein Verdienst, 75 Jahre alt zu sein, sofern man nicht versucht, sich dessen wert zu erweisen", so antwortete auf den Glückwunsch zu seinem Geburtstag am 14. November ein Erfinder, dem die Elektrotechnik bedeutende Fortschritte in den letzten 30 Jahren verdankt. Als Leo Hendrik Baekeland, der 1863 in Gent geboren war, später dort studierte und Professor der Chemie wurde, in Amerika seine zweite Heimat gefunden und durch die Fabrikation von photographischem Kunstlichtpapier ein vermögender Mann geworden war, wandte er sich, 35jährig, wissenschaftlichen Aufgaben zu. Für ihn bedeuteten 8 Jahre freier Forschung die glücklichste Zeit seines Lebens, für die Mitwelt brachten sie das härtbare Kunstharz aus Phenol und Formaldehyd „Bakelite", das bald seinen Siegeszug durch die ganze Welt begann. Dr. Baekeland selbst hatte mit genialem Scharfblick die Anwendbarkeit seines neuen Kunststoffes für die verschiedensten Gebiete der Technik vorausgesagt, doch wurde die Elektrotechnik die Lehrmeisterin für die Entwicklung des neuen Herstellungsverfahrens, der Heißpreßtechnik. Wenn auch während des Krieges den Engländern einige deutsche Kriegsschiffe in die Hände fielen, deren Ausrüstung mit Bakeliteteilen Aufsehen erregte[2]), so wurden doch die bedeutendsten Fortschritte in Amerika unter Baekelands persönlicher Mitarbeit erzielt. Nachdem die durch den Ausfall Englands 1914 (die dortige Bakelitefabrik wurde von Deutschen geleitet) in Amerika entstandenen Rohstoffschwierigkeiten gemeistert waren, begann die Entwicklung der Hochspannungszünder für Fahrzeug- und Flugmotoren, so daß die amerikanischen Liberty-Motoren, später auch die französischen Zwölfzylinder Lorraine-Dietrich-Maschinen mit zuverlässig und genau arbeitenden Zünderverteilern aus Bakelite ausgerüstet werden

[1]) ETZ 52 (1931) S. 559.

[2]) J. K. Mumford, The Story of Bakelite, S. 68; Verlag R. L. Stillson Co. New York 1924.

konnten. In Deutschland wurde seit 1923 der Vorsprung des Auslandes beschleunigt aufgeholt, und trotzdem die Anwendung von Kunststoffen in fast allen Gebieten der Technik üblich geworden ist, hat seit 10 Jahren die Elektrotechnik mengen- und wertmäßig die Führung behalten in der Verwertung dieses synthetischen Erzeugnisses der Chemie. Es bleibt Dr. Baekelands Verdienst, daß er zu dieser Entwicklung nicht nur als Chemiker den Grundstein legte, sondern auch als Ingenieur die Verarbeitung seines Kunststoffes lehrte und ihm zu „1000 Möglichkeiten" den Weg wies, ein Erfinder, der als echter und wahrer Optimist niemals den Boden unter den Füßen verlor und bei aller Begeisterung für seine Sache stets die Grenze zwischen Traum und Wirklichkeit zu erkennen vermochte[1]).

W. Röhrs.

F. Gladenbeck. — Der Ministerialrat im Reichspostministerium Dipl.-Ing. Friedrich Gladenbeck VDE wurde zum Präsidenten der Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost in Berlin ernannt. Herr Präsident Gladenbeck ist am 21. 11. 1899 geboren, hat an der T. H. Berlin studiert und befindet sich seit 1. 2. 1925 im Dienste der Reichspost, seit 1933 im Ministerium. Seit dem 1. 8. 1938 war er bereits mit der Leitung der Forschungsanstalt beauftragt.

Hochschulnachrichten. — An der Fakultät für Maschinenwesen der T. H. Berlin wurde Herr Dr. G. Mierdel VDE, Berlin, zum a. o. Professor ernannt. Herr Prof. Mierdel ist seit 1934 als Dozent an der T. H. tätig, nachdem er vorher zwei Jahre an der Universität Greifswald für Physik habilitiert war. Sein Hauptarbeitsgebiet bilden die elektrischen Entladungen in Gasen. — Von der Fakultät Bergbau- und Hüttenwesen der T. H. Berlin erhielt Herr Dr.-Ing. H. Bohnhoff VDE einen Lehrauftrag für Elektrotechnik. Dr. Bohnhoff wird im wesentlichen über angewandte Elektrotechnik im Bergbau lesen. — An der Bergakademie Freiberg wurde der Dozent Dr.-Ing. habil. O. Zdralek VDE zum ord. Professor für Elektrotechnik berufen und zum Direktor des Instituts für Elektrotechnik und des Maschinenbaulaboratoriums für Elektrotechnik ernannt.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 53(075)

Grimsehls Lehrbuch der Physik. Zum Gebrauch beim Unterricht neben akademischen Vorlesungen und zum Selbststudium. Neubearb. v. Prof. Dr. R. Tomaschek. 1. Bd.: Mechanik, Wärmelehre, Akustik. 10. Aufl. Mit 740 Abb., VII u. 681 S. im Format 165 × 230 mm. 1938. Preis geb. je 19,80 RM.

2. Band, 1. Teil: Elektromagnetisches Feld / Optik. 8. Aufl. Mit 1209 Abb., 1 Titelbild, 1 farb. Tafel, X u. 866 S. im Format 170 × 230 mm. 1938. Preis geb. 26 RM.

2. Band, 2. Teil: Materie und Äther. 8. Aufl. Mit 339 Abb., VIII u. 456 S. im Format 160 × 230 mm. Preis geb. 14 RM. Verlag von B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1938.

Die rasche Folge der drei letzten Auflagen zeigt, welche weite Verbreitung das Werk bereits gefunden hat. Der Verfasser brauchte daher an den bewährten Grundgedanken bei der neuen Auflage nichts zu ändern. Im einzelnen aber wurde der Text einer weitgehenden Umarbeitung unterzogen. So wurden bei der 9. Auflage im 1. Bande die Abschnitte über Drehbewegungen, Strömung der Flüssigkeiten und Gase, Akustik neu geschrieben und ein Abschnitt über Ballistik hinzugefügt. In der 10. Auflage des 1. Bandes brauchten nur, abgesehen von einer Umarbeitung des Abschnittes über Oberflächenspannung, kleinere Verbesserungen vorgenommen zu werden.

In der Elektrizitätslehre Band 2, Teil 1 hat der Verfasser, vielfachen Wünschen folgend, jetzt durchgehend das technische Maßsystem zugrunde gelegt. Größere Änderungen wurden in folgenden Abschnitten vorgenommen: Thermo- und galvanomagnetische Effekte, Elektronenleitung der Halbleiter, Induktion, Maxwellsche Gleichungen, Supraleitung, Wechselstrom, elektrische Wellen, Telegraphie und Telephonie. Neu aufgenommen wurden die Verfahren zur Erzeugung höchster Spannungen, neuere Elektrometer, neue Metalldampflampen, gittergesteuerte Gasentladungen, Magnetostriktionssender, Magnetron, Elektronenoptik. Der 2. Teil des 2. Bandes, der die Erscheinungen der Atomphysik enthält, bringt neben vielen kleineren Zusätzen besonders eine Zusammenfassung der neuen Erkenntnisse über den Bau und die Umwandlung der Atomkerne in einem eigenen stark erweiterten Abschnitt. Ferner wurde ein Abschnitt über die geophysikalischen Probleme, also über Luftelektrizität, Erdmagnetismus, Nordlicht und Höhenstrahlung, neu aufgenommen. Diese kurze Zusammenstellung zeigt, wie der Verfasser bemüht gewesen ist, seinem Werk auch in der neuen Auflage die lebendige Verbindung mit den Fortschritten der Wissenschaft zu wahren. Es ist sehr zu begrüßen, daß der Gesamtumfang und damit auch der Preis des Werkes durch die neu aufgenommenen Abschnitte nicht vermehrt worden ist. Dies ist dem Verfasser durch eine straffere Fassung des Wortlauts gelungen, die unnötige Weitschweifigkeiten vermeidet und den Wert des Werkes noch erhöht. Die Vorzüge der neuen Auflage werden dem Lehrbuch von Grimsehl-Tomaschek zu seinen alten Freunden noch viele neue gewinnen. W. Bauer.

DK 621.313.3 + 621.314.2 + 621.314.6

Elektrotechnische Lehrbücher. Bd. 4: Wechselstrommaschinen, Transformatoren und Stromrichter. 3. verbess. Aufl. Von Prof. Dipl.-Ing. G. Haberland unter Mitwirkung von Dr.-Ing. F. Haberland. Mit 208 Abb., VIII u. 187 S. im Format A 5. Dr. Max Jänecke Verlagsbuchhandlung, Leipzig 1938. Preis kart. 3 RM.

Die 3. Auflage weist gegenüber der 2., die an dieser Stelle im Jahrgang 1937, S. 143 besprochen worden ist, nur geringfügige Änderungen bzw. Ergänzungen auf. Als sehr vorteilhaft muß bezeichnet werden, daß wichtige Zahlentafeln und Diagramme aus den Bänden 2 und 3 mit aufgenommen worden sind, so daß dieser 4. Band jetzt praktisch unabhängig von den vorausgehenden geworden ist. Wie bei der Besprechung der 2. Auflage schon gesagt, wäre es zweckmäßig, wenn doch auf das Betriebsverhalten der Synchronmaschine etwas näher eingegangen würde, damit der Übergang vom Generator- auf Motorbetrieb und umgekehrt aus dem bei gewissen Vernachlässigungen ja auch sehr einfachen Stromdiagramm klarer erkennbar wird. Im ganzen kann gesagt werden, daß auch diese 3. Auflage des Werks viele Freunde sowohl bei Studierenden als auch bei praktischen Ingenieuren finden wird.

A. Leonhard VDE.

DK 621.431.04

Die Zündfolge der vielzylindrigen Verbrennungsmaschinen, insbesondere der Fahr- und Flugmotoren. Von Prof. Dr.-Ing. H. Schrön. Mit 853 Abb., 52 Zahlen- und Bildtafeln u. 375 S. im Format B 5. Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1938. Preis geh. 20 RM.

Die neuere Entwicklung der leichten Verbrennungskraftmaschine strebt nach großen Leistungen je Einheit bei geringem Werkstoffaufwand und beschränktem Raumbedarf, während an Gleichgang und Erschütterungsfreiheit wachsende Anforderungen gestellt werden. Das Kennzeichen des Fortschritts ist die steigende Schnelläufigkeit der Motoren, die zu weitgehender Unterteilung der bewegten Massen und mithin Anwendung von großen Zylinderzahlen zwingt, wenn man die Beanspruchung des Werkstoffes in beherrschbaren Grenzen halten will. Bei vielzylindrigen Verbrennungsmaschinen aber gewinnt die Frage nach der bestgeeigneten Zündfolge erhöhte Bedeutung. Der Verfasser weist in seinem Buche einen Weg, bei der Planung eines Motors beliebiger Bauart die günstigste Zündfolge aus der Vielzahl der nach der Kombinatorik möglichen Folgen auszuwählen und dem Motor anzupassen, um ungünstige Folgeerscheinungen durch unzweckmäßige Ablösung der zündenden Zylinder zu vermeiden. Als Richtlinien für die Untersuchungen gelten gleichmäßige Zündabstände, kleinste Massenmomente, gefahrlose Drehschwingungen, günstige Lagerbeanspruchungen, möglichst gleiche Füllungen der Zylinder und wirtschaftliche Fertigung. Gleiche Zylinderabmessungen vorausgesetzt, werden nicht nur die heute üblichen, sondern alle überhaupt möglichen Anordnungen des Kurbeltriebs mit bis zu 24 Zylindern je Maschine eingehenden Betrachtungen unterzogen, wobei auch vereinzelte Sonderausführungen mit unregelmäßigen Zündabständen Berücksichtigung finden. Besondere Aufmerksamkeit ist den Zusammenhängen zwischen Zündfolge und Drehschwingungen gewidmet, deren Verständnis durch übersichtliche Tafeln und Skizzen wesentlich erleichtert wird. Hier sei auf das hervorragend günstige Verhalten der Reihenmotoren mit ungeraden Zylinderzahlen hingewiesen, wie sie beispielsweise bei Schiffsmaschinen immer mehr Eingang finden. Im letzten Teil des Buches behandelt der Verfasser den für Ottomotoren wichtigen Einfluß der „Saugfolge" auf die Füllungen der Zylinder. Zahlreiche Beispiele ausgeführter Saugrohranordnungen werden miteinander verglichen und kritisch gewertet. W. Tetzlaff VDE.

[1]) Eine ausführliche Darstellung des Lebenswerke L. H. Baekelands, siehe W. Röhrs, Kunststoffe 28 (1938) S. 287.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

E-Werke der Ostmark. Kaindls Verzeichnis der Elektrizitätswerke und elektrischen Eigenanlagen Deutsch-Österreichs. Herausgeber E. Kaindl. Mit 82 S. im Format 155 × 235 mm. Kommissions-Verlag R. Lechner & Sohn, Wien 1938. Preis geb. 8 RM.

[Das Verzeichnis bringt Angaben über sämtliche E-Werke der Ostmark, Eigenanlagen und öffentliche Werke, geordnet nach den neuen politischen Gauen. Die alphabetische Reihenfolge richtet sich nach den Standorten; es werden genannt: Name des Werkes, Leistung, Stromart und zuweilen der Betriebsleiter.] *s.*

VDI-Sonderheft Dieselmaschinen VII. Herausg. vom Verein deutscher Ingenieure. Mit 276 Abb., 22 Zahlentafeln u. 155 S. im Format A 4. VDI-Verlag GmbH., Berlin 1938. Preis kart. 6 RM.

[Die in den letzten zwei Jahren in der Zeitschrift des VDI und in der Zeitschrift „Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens" erschienenen Aufsätze über Dieselmaschinen sind gesammelt und nach fünf Gruppen geordnet worden: Gaswechselvorgang, Zündung und Verbrennung, ausgeführte Motoren, Berechnung und Konstruktion und schließlich Sonderfragen. Das Heft gibt also einen Querschnitt durch den neuesten Stand der Forschung im Dieselmaschinenbau.] *s.*

Elektrotechnik. Einführung in die Starkstromtechnik. Von Prof. I. Herrmann. Bd. 2: Die Gleichstromtechnik. Kurze Beschreibung der Gleichstromerzeuger, der Gleichstrommotoren, der Gleichrichter und der Akkumulatoren. 6. neubearb. Aufl. Mit 134 Textabb., 16 Tafeln mit 60 Abb. u. 144 S. im Format 110 × 160 mm. Verlag W. de Gruyter & Co., Berlin 1938. Preis geb. 1,62 RM.

Graphische Methoden zur Lösung von Wechselstromproblemen. Von A. von Brunn. Mit 152 Abb. u. 243 S. im Format B 5. Verlag Benno Schwabe & Co., Basel 1938. Preis geb. 10,80 RM.

Gesenkschmiede. 1. Teil: Gestaltung und Verwendung der Werkzeuge. Von H. Kaessberg. 2. neubearb. Aufl. des zuerst von P. H. Schweißguth † bearb. Heftes. (Werkstattbücher, Heft 31. Herausgeber: Dr.-Ing. H. Haake.) Mit 254 Abb. u. 63 S. im Format 155 × 230 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1938. Preis geh. 2 RM.

Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie. 8. Auflage. Herausgeber: Deutsche Chemische Gesellschaft. System-Nummer 25: Caesium mit einem Anhang über Ekacaesium. Lieferung 2: Verbindungen des Caesiums, Ekacaesiums. Preis kart. 29 RM. — System-Nummer 27: Magnesium. Teil B. Lieferung 3: Verbindungen bis Magnesium und Wismut. Preis kart. 16 RM. Format 180 × 260 mm. Verlag Chemie, G. m. b. H., Berlin 1938.

Fernsprech-Querverbindungstechnik. Von E. Petzold. Mit 48 Abb. u. 88 S. im Format 125 × 190 mm. Verlag Franz Westphal, Wolfshagen-Scharbeutz (Lübecker Bucht), 1938. Preis kart. 2 RM.

L'électrochimie et l'électrometallurgie. Von Prof. A. Levasseur. Bd. 1: Electrolyse. 4. Aufl. Mit 42 Abb., V u. 210 S. im Format 165 × 255 mm. Verlag Dunod, Paris 1939. Preis geh. 52 fr, geb. 72 fr.

Kraft- och bränsletillgängens betydelse för industriens lokalisering i sverige. Ett avsnitt ur en enquête angaende industriens lokaliseringsbetingelser. Von H. Eneborg. Svenska Vattenkraftföreningens Publikationer 316 (1938: 39). 10 S. im Format 135 × 205 mm. Bezug durch den Herausgeber, Stockholm, Noorlandsgatan 16 und Aktiebolaget C. E. Fritzes Hovbokhandel, Stockholm, Fredsgatan 2. Preis 0,75 Kr.

The analysis of mine dusts. 1. The determination of carbon dioxide in mine dusts containing carbonates. 2. The determination of free and combined water in mine dusts containing gypsum. Von A. L. Godbert. Safety in mines research board paper Nr. 101. Mit 5 Abb. u. 20 S. im Format 150 × 245 mm. Herausgeber: H. M. Stationery Office, Kingsway, London, W. C. 2. Preis kart. 1 s.

Technisches Französisch. Lehr- und Nachschlagebuch der französischen Sprache auf technischem Gebiet. Von K. Stellhorn. 1. u. 2. Teil. Mit 244 S. im Format A 5. Verlag W. Girardet, Essen 1938. Preis kart. 5,40 RM.

Doktordissertationen.

Richard Klaus Jovy, Untersuchungen an Umrichtern zur Umformung von Ein- oder Mehrphasenstrom gegebener Frequenz in solchen höherer Frequenz. T. H. Aachen 1937.

Helmut Müller-Stock, Der Einfluß dauernd und unterbrochen wirkender, schwingender Überbeanspruchung auf die Entwicklung des Dauerbruchs. T. H. Braunschweig 1937.

Hermann Wolff, Über eine neue photoelektrische Methode der Nachthimmeluntersuchung. T. H. Braunschweig 1938.

Fritz Hahn, Eine Theorie der Verluste in Fernsprechanlagen. T. H. Berlin 1937. (Erschien als Aufsatz in „Techn. Mitt. des Fernmeldewerks" Bd.-Fg. 2, Heft 2, Dez. 1937).

Paul Jainski, Die spektrale Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges und ihre Bedeutung für die Lichtmeßtechnik. T. H. Berlin 1938. (Erschien auch als Buch in der Union Deutsche Verlagsgesellschaft Berlin Roth & Co.).

Heinrich Köpke, Verzerrungs- und dämpfungsarme Anodengleichrichtung mit Gegenkopplung. T. H. Berlin 1938.

Witold H. Makowski, Die Gestaltung von Räumen nach akustischen Gesichtspunkten. Geschichtliche Entwicklung und moderne Bestrebungen in der Architektur. T. H. Berlin 1937.

Hubert Rothert, Über die Nutstreuung elektrischer Maschinen. T. H. Berlin 1937. (Erschien in gekürzter Form in 3 Teilen im Archiv für Elektrotechnik 32 (1938) H. 5, 6, 7.)

Wilhelm Schirp, Die magnet-induktive Prüfung von Rohren. T. H. Berlin 1938.

Sverre Schleip, Elektromagnetische Drahtseilprüfung. T. H. Berlin 1936.

Mohammed Kamel Mohammed Tantawi, Einfluß der Luftfeuchtigkeit und der Verschmutzung auf die Kapazität, den Verlustwinkel und den Ableitungswiderstand von Hänge-Isolatoren. T. H. Berlin 1937.

Wilhelm Vox, Der Spalt- und Filmfrequenzgang bei der Tonfilmaufnahme und -wiedergabe. T. H. Berlin 1938. (Erscheint in gekürzter Fassung in „Akustische Zeitschrift").

Sonderdrucke.

Sur la manière de rendre comparables les calculs de prix de revient de l'énergie électrique, quand ces calculs sont bases sur des hypothèses différentes. Von Prof. I. S. Gheorghiu. Sonderdruck aus den in Buchform erschienenen Berichten über den 20. Kongreß des Tschecho-Slowakischen Elektrotechnischen Vereins, Prag 1938.

Jahresbericht der Holländischen Gewerbe-Inspektion 1937. 3 Sonderdrucke: Veiligheidsmaatregelen bij den aanleg, de inrichting en het bedrijf van electrische installaties in electrische beproevingsruimten en laboratoria (Preis 0,25 f). — Ongevallen door electriciteit (Preis 0,50 f). — Proeflampen en spanningszoekers voor installaties van lage spanning (Preis 0,25 f). Zu beziehen durch: Electrotechnisch-Adviseur bij de Arbeidsinspectie, 's-Gravenhage, Koningskade 22.

Berichtigung.

In meinem Aufsatz „Die Elektrizitätswirtschaft Finnlands Ende 1937" in ETZ 59 (1938) H. 47 muß die letzte waagerechte Zahlenreihe der Zahlentafel 4 auf S. 1278 wie folgt lauten:

	Helsinki RM	Turku RM	Tampere RM	Viipuri RM
Verbrauchsgebühr je kWh . . .	0,027	0,027	0,032	0,032

V. Veijola.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Ing. K. Bätz VDE, Berlin-Wilhelmshagen, Fahlenbergstr. 27.
Dipl.-Ing. R. Foitzik VDE, Berlin-Siemensstadt, Schwiegersteig 18.
Dipl.-Ing. P. Jacottet VDE, Berlin-Spandau, Götelstr. 51.
Dr.-Ing. W. Weicker VDE, Bad Klosterlausnitz i. Thür., Waldstr. 12.

Abschluß des Heftes: 19. Januar 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 2. Februar 1939 | Heft 5

Ein Doppelmeßstand für luftgekühlte Flugmotoren in Drehstromausführung.

Von Kurt Madsen VDE, Berlin.

DK 621.317.2 : 629.135.038 : 621.43

Übersicht. Drehstrom-Asynchronmaschinen als Bremsmittel für Vollmotorenprüfstände mit Regelung durch Schlupfwiderstände erfordern eine besondere Anordnung der Bremseinrichtung. Zur Herstellung besonderer Kühlwirkungen, wie sie bei Sturzflug und Steigflug vorkommen, wurde stetige Regelung der Luftgeschwindigkeit in der Düse zwischen 500 und 150 km/h verlangt. Damit mußten für Sternmotoren bei bestmöglicher Verkleidung des Flugmotors Drücke bis 1200 mm/WS. im Druckraum erzeugt werden, und zwar durch Hochdruckschleudergebläse mit regelbarem Drehstromantrieb.

Es war die Aufgabe gestellt, für die Entwicklung von Flugzeug-Sternmotoren zwei Meßstände zu errichten, die besonderen meßtechnischen Anforderungen, wie vollständiger Unabhängigkeit von Bremsleistung und Kühlluft, genügen. Zur Nachahmung bestimmter Betriebszustände, wie Sturzflug und Steigflug, wurde eine stufenlose Regelung der Luftgeschwindigkeit in der Düse zwischen 500 und 150 km/h verlangt. Bei der Planung war insbesondere auch die Wirtschaftlichkeit der Anlage durch Rückgewinnung der beim Bremsbetrieb anfallenden Energie zu berücksichtigen, wobei die Höhe des Anlagekapitals für die Wahl den Ausschlag geben sollte.

Eine Durchrechnung ergab, daß eine Einrichtung mit Gleichstrommaschinen und Rückumformer etwa um ein Drittel teurer ist als eine solche mit Drehstrommaschinen. Die gestellten Aufgaben, wie Warmlaufen des Flugmotors und Anwerfen bei kleinen Drehzahlen und geringen Momenten, Schnellbremsen usw. können auch mit Drehstrommaschinen erfüllt werden. Die seit etwa ½ Jahr in Betrieb befindliche Anlage bestätigt, daß die Anforderungen sowohl in der Beherrschung der steuertechnischen Bedingungen von Drehstrommaschinen als auch in wirtschaftlicher Hinsicht erfüllt sind.

A. Bremsmaschinen.

Als Bremsmaschinen zur Aufnahme bestimmter Meßreihen von Sternmotoren sind für derartige Verhältnisse erstmalig Drehstrom-Asynchronmaschinen vorgesehen, die im übersynchronen Drehzahlbereich auf das Netz zurückarbeiten. Die Regelung erfolgt mittels Schlupfregler, die bei Motorbetrieb auch als Regelanlasser dienen. Die für den Aufbau des magnetischen Feldes erforderliche Blindleistung wird dem Netz entnommen, während die vom Flugmotor her anfallende Energie zum größten Teil als Wirkleistung dem Netz zurückgegeben wird. Ein Teil jedoch wird im Schlupfregler vernichtet, und zwar um so mehr, als die jeweilige Betriebsdrehzahl weiter von der synchronen abweicht.

Abb. 1 zeigt den Bremssatz, der aus zwei starr miteinander gekuppelten, windschnittig verkleideten Maschinen besteht. Die Leistungsbestimmung des Flugmotors erfolgt aus Drehmoment und Drehzahl; jedoch wird hier der Rückdruck an einem Pendelbock, abweichend von den sonst üblichen Anordnungen bei Entwicklungs- und Meßständen[1]), mittels Leuchtbildwaage ermittelt, die in dem verkleideten Untergestell des Rahmens eingebaut ist. Auf die an sich wesentlich größere Meßgenauigkeit von Pendelmaschinen wurde verzichtet, so daß in diesem Falle feststehende Maschinen zur Verwendung kommen konnten. Die in dem Pendelbock durch die zahlreichen Zuleitungskabel und Schläuche zu erwartenden Meßfehler bei der Ablesung werden durch Eichung möglichst weitgehend berücksichtigt.

Abb. 1. Drehstrom-Bremssatz auf windschnittigem Betonfundament 1800 bis 2800 Brems-PS von 1050 bis 1750 U/min.

Besondere Sorgfalt galt der Wellenleitung zwischen Flugmotor und Bremse. Die Größe des Gesamt-Schwungmoments, das aus dem umlaufenden Teil der elektrischen Maschinen und den einzelnen Baugliedern der Welle, wie Rollenkardangelenkwelle und Schiebekupplung gegeben ist, entspricht nicht der der Luftschraube. Außerdem ist die elastische Länge bis zur Hauptmasse, dem Generator, infolge der Kardangelenkwelle vergrößert. Die Drehschwingungsverhältnisse entsprechen daher keineswegs den bei Normalbetrieb (unmittelbar aufgesetzte Luftschraube) vorhandenen. Man ging daher zu dem bekannten Verfahren einer hochelastischen Gummikupplung über. Die Größe der Weichheit der Gummikupplung, außerdem die Größe der Ersatzmassen am Flugmotor unmittelbar sind so abzustimmen, daß die Schwingungsverhältnisse mit den normalen übereinstimmen, was jeweils durch Schwingungsmessungen nachgeprüft werden muß. Der Gedanke, zu diesem Zweck eine hochelastische Gummikupplung zu verwenden, stammt von Kamm und ist erstmalig von ihm ausgeführt worden. Die Anordnung hat den weiteren Vorteil, daß die Schwingungsbeanspruchung des elektrischen Teiles auf ein Mindestmaß herabgesetzt wird. Die Weiterentwicklung führte zu der aus Abb. 2 zu erkennenden Form mit einem Zwischenlager. Der Ge-

1) K. Wiehl, Siemens-Z. 16 (1936) S. 106 und E. Lötterle, Z. VDI 81 (1937) S. 1187 und ETZ 59 (1938) S. 709.

samtwellenstrang setzt sich danach aus einem drehelastischen und einem drehsteifen Teil zusammen.

Der Bremssatz ruht auf einem von den übrigen Gebäudeteilen getrennten, windschnittigen Betonfundament, durch das sowohl Windkanäle für Fremdbelüftung als auch der Kabelkanal geführt sind. Bei der gewählten Prüfstandanordnung mit Druckraum[2]), in dem der Bremssatz steht, war wegen des veränderlichen Luftdruckes die Aufstellung eines besonderen Kühlgebläses zur Fremdbelüftung der Bremsmaschinen erforderlich.

Die Unterteilung in eine größere 6polige und eine kleinere 12/6polige, umschaltbare Asynchronmaschine ergab sich mit Rücksicht auf die Anlaufbedingungen zwangläufig. Entsprechend übernimmt die 6polige Maschine beim Bremsbetrieb die Hauptlast, während die andere neben der Erhöhung der Bremsleistung in erster Linie zum Warmlaufen und Anwerfen des Flugmotors benutzt wird.

1 Anwurfmaschine } Bremssatz
2 Hauptmaschine }
3 Gummikupplung
4 Stehlager
5 Rollengelenkwelle
6 Schiebekupplung
7 Flugmotor
8 Pendelbock
9 Hochdrucklüfter
10 Diffusor
11 Betonfundament
12 Lüfter für Fremdbelüftung des Bremssatzes
a Druckraum
b Prüfraum
c Beobachtungsfenster
d Lüfterraum

Abb. 2. Schnitt durch den Doppelmeßstand.

Leistungs- und Drehzahlbereich.

Die Hauptmaschine hat eine Leistung von 1200 Brems-PS bei 1050 U/min. Die Regelung erfolgt durch Flüssigkeitsregelanlasser, und zwar im übersynchronen Bereich bis 1750 U/min, wobei die Bremsleistung bis auf 2000 PS im Dauerbetrieb steigt. Durch Zuschalten der polumschaltbaren Maschine, die durch einen luftgekühlten Doppelregler gesteuert wird, erhöht sich für die sechspolige Schaltung die Gesamtleistung auf 1400 bis 2400 Brems-PS im Dauerbetrieb zwischen 1050 und 1750 U/min. Im 10 min-Betrieb können Leistungen bis 3000 PS gefahren werden. Für Drehzahlen unter 1000 U/min ist eine Bremsmöglichkeit durch zweistrangige Gleichstromerregung der Ständerwicklung der Hauptmaschine vorgesehen, wobei der Netzschalter geöffnet ist. Die Maschine arbeitet dann wie ein Synchrongenerator auf den Flüssigkeitsanlasser, wobei die anfallende Energie restlos vernichtet wird. Dieselbe Gleichspannung von 110 V, die durch einen besonderen Erregersatz erzeugt wird, steht außerdem während des Betriebes in dauernder Bereitschaft für Schnellbremsung.

Betriebsweise.

a) Das Anwerfen bzw. Warmlaufen des Flugmotors erfolgt in zwölfpoliger Schaltung mit der Anwurfmaschine, wobei die Hauptmaschine leer mitläuft. Hierauf erfolgt Hochfahren des Flugmotors mit eigener Kraft.

Bei 500 U/min geht die Anwurfmaschine in generatorischen Betrieb über und verhindert dabei ein zu plötzliches Hochfahren. Ist eine Drehzahl von 1000 U/min erreicht, so wird die Hauptmaschine zugeschaltet, während die Anwurfmaschine selbsttätig herausfällt. Wie sich im Betrieb zeigt, treten Stöße hierbei nicht auf, da die Zuschaltung nur mit voll eingeschaltetem Schlupfwiderstand möglich ist. Es sind nunmehr folgende Abbremsungen möglich (Drosselkurven, Abb. 3):

b) Hochfahren des Flugmotors bei voll eingeschaltetem Regelwiderstand der Hauptmaschine durch allmähliches Öffnen der Gasdrossel (Kurve *1*).

c) Belastungssteigerung des Motors bei kurzgeschlossenem Regelwiderstand durch allmähliches Öffnen der Gasdrossel (Kurve *2*).

1 max. Widerstand im Läufer
2 min. Widerstand im Läufer
3 feste Zwischenstellung des Reglers
4 veränderliche Stellung des Reglers
a Dauerbetrieb der Hauptmaschine allein
b Dauerbetrieb beider Maschinen
c KB 30 min-Betrieb beider Maschinen
d zurückgewinnbare Leistung beider Maschinen bei Vollast
e Anwurfmaschine allein (12polig)
f Hauptmaschine allein, mit Gleichstromerregung für untersynchrones Bremsen
g max. erreichbare Leistung beider Maschinen

Abb. 3. Drehzahl- und Bremsbereiche des Bremsmaschinensatzes.

d) Hochfahren des Flugmotors bei einer beliebigen festen Zwischenstellung des Reglers durch allmähliches Öffnen der Gasdrossel (z. B. Kurve *3*).

e) Allmähliches Einschalten des Regelwiderstandes bei gleichbleibender Stellung der Gasdrossel (z. B. Kurve *4*).

1 Druckverlauf bei zunehmender Drehzahl für 5% freien Querschnitt, bezogen auf Düsenquerschnitt
2 dgl. für 10%
3 dgl. für 30%
a Fördermenge bei 410 U/min
b dgl. bei 860 U/min
c dgl. bei 970 U/min

Abb. 4. Erzielte Luftleistungen des Hochdruckgebläses zum Meßstand für Flugmotoren.

Damit kann in einem Drehzahlbereich von 500 bis 1750 U/min gebremst werden, wobei lediglich bei der synchronen Drehzahl von 1000 U/min eine Unterbrechung der Meßreihe nötig ist. Ein vollständiges Stillsetzen ist beim Durchgang durch den Synchronismus weder beim Aufwärts- noch beim Abwärtsfahren erforderlich, da die Last bei etwas Drosselung schaltungstechnisch ohne weiteres auf eine der Maschinen des Bremssatzes gelegt werden kann, während die andere Maschine für den neuen Bremsbereich vorbereitet wird.

[2]) DRP. 632 092.

B. Kühleinrichtung.

Für das Hochdruckschleudergebläse, das auf den Druckraum vor dem Flugmotor arbeitet, ist je ein Antriebsmotor von 615 kW bei 985 U/min und 280 kW bei 750 U/min vorgesehen. Die größere Maschine wird mittels Flüssigkeitsregelanlasser um rd. 30 % und die kleinere um rd. 66 % mit luftgekühltem Regler abwärts geregelt. Damit können, entsprechend der bei neuzeitlicher Verkleidung möglichen Abdeckung bis auf 10 bis 20 % der Düse, Geschwindigkeiten zwischen 500 und 150 km/h in der Düse stufenlos eingestellt werden. Die erzielten Drücke liegen hierbei zwischen rd. 1200 und 100 mm WS. Gesamtdruck. Der Druckunterschied vor und hinter der Düse wird am Steuer- und Meßpult angezeigt und ist ein Maß für die erreichte Kühlwirkung. Außer dieser Anzeige am Pult wird mittels Tachometerdynamo noch die Drehzahl des Gebläses fernangezeigt, wodurch eine genügend genaue Einstellung der Kühlluft möglich ist.

Die betriebsmäßig vorgenommenen Messungen, die den Nachweis der garantierten Luftleistungen erbringen sollten, sind in Abb. 4 dargestellt. Die freien Querschnitte zwischen 5 und 35 %, bezogen auf den Düsenquerschnitt, wurden mittels Meßblenden hergestellt. Bei 10 % freiem Durchlaß steigt der Druck mit zunehmender Drehzahl sogar bis auf 1300 mm WS. Gesamtdruck. Die stärker ausgezogene Kurve ergibt sich bei Betrieb mit einem Flugmotor, wobei die Düse etwa bis auf 70 % abgedeckt war. Der anfänglich flache und bei größeren Luftmengen wesentlich steilere Verlauf läßt auf Rückstauungen durch Wirbelbildung an den hinteren Zylindern des Flugmotors schließen.

Abb. 5. Übersichtsschaltbild des Doppelmeßstandes.

1 Anwurfmaschine } Bremssatz
2 Hauptmaschine }
3 Tachometerdynamo
4 Hochdrucklüfter
5 Lüftermotor 615 kW
6 Lüftermotor 280 kW
7 Tacho-Dynamo
8 Flüssigkeitsregelanlasser
9 luftgekühlte Regelanlasser
10 Expansionsschalter
11 Polumschalter
12 Umschalter für Drehrichtungswechsel
13 Zuleitung
14 Zähler für Arbeitsverbrauch beider Meßstände
15 Zähler für zurückgewonnene Arbeit
16 Zähler für Verbrauch der Lüftermotoren
17 Erregersätze
18 Widerstand für Schnellbremsung

Abb. 6. Steuer- und Meßpult einschl. Öl- und Benzinmeßteil.

C. Bedienung und Steuerung.

Die Hochspannungsanlage ist für beide Prüfstände in zwölf Feldern zusammengefaßt. Das Übersichtsschaltbild (Abb. 5) zeigt die hauptsächlichsten Stromkreise. Die Bedienung, Steuerung und Überwachung sowohl des elektrischen als auch des mechanischen Teiles erfolgt von den Pulten aus unabhängig voneinander. Dementsprechend haben sämtliche Steuer- und Regelorgane, die während des Betriebes bedient werden müssen, Fernantrieb. Die Betätigungsorgane für die elektrische Seite sind auf der linken Hälfte der Pultplatte in ein Blindschaltbild derart eingeordnet, daß ihre jeweilige Stellung vom Pult aus zu erkennen ist (Abb. 6). Die Strommesser in der Pultplatte stellen sinnbildlich die Bremsmaschinen bzw. Antriebsmotoren des Hochdrucklüfters dar. Die angezeigten Stromstärken sind Ständerströme, die bei der Regelung nach Drehzahl und Leistung keinen genauen Anhaltspunkt für die jeweilige Bremsleistung geben. Hierzu dient ein in die Pultplatte eingebauter Leistungsanzeiger, der die vom Flugmotor abgegebene Leistung als Produkt von Drehmoment und Drehzahl unmittelbar anzeigt. Das Meßsystem des als Kreuzspulinstrument ausgebildeten Anzeigegerätes wird von der mit dem Bremsaggregat gekuppelten Tachometerdynamo gespeist. Damit ist die Abhängigkeit von der Drehzahl gegeben. Die Abhängigkeit vom Drehmoment wird dadurch erreicht, daß die Spannung der Tachometerdynamo über einen in die Drehmomentwaage eingebauten Schleifdrahtfernsender geführt wird, der seinen Widerstandswert in Abhängigkeit von dem Ausschlag der Waage verändert. Bei linearer Ausbildung der Waagenskala ist somit eine unmittelbare Leistungsanzeige erzielt.

Da die beiden Maschinen des Bremssatzes mit verschiedenem Grundschlupf zusammenarbeiten, müßte bei den Strommessern auf die richtige Lastverteilung geachtet werden, wobei beide Regelanlasser zu betätigen wären. Eine selbsttätige Lastausgleichvorrichtung in Abhängigkeit vom Ständerstrom beider Maschinen erleichtert die Bedienung wesentlich. Ein Differential-Stromrelais, das auf den Regler der Anwurfmaschine arbeitet, weist jeder Maschine die ihr zuträgliche Last zu. Es braucht dadurch bei Zusammenarbeiten beider Maschinen immer nur der Regelanlasser der Hauptmaschine bedient zu werden.

Zur weiteren Erleichterung der Steuerung dient eine Drehzahlkonstanthaltevorrichtung, einerseits um dem Nachteil der starken Lastabhängigkeit der Drehzahl von Asynchronmaschinen bei Schlupfregelung zu begegnen, anderseits um dem Bedienenden die Aufnahme von bestimmten Meßreihen, z. B. Kurven konstanter Drehzahl bei verschiedener Last zu erleichtern. Die Wirkung ist derart, daß eine zwischen 1050 und 1750 U/min mittels

Sollwerteinsteller einmal eingestellte Drehzahl konstant gehalten wird, und zwar bei Drosseln bzw. bei größerer Brennstoffzufuhr des Flugmotors, d. h. bei Änderung der Antriebsleistung bei Generatorbetrieb von Vollast bis Viertellast, mit der für solche Messungen notwendigen Genauigkeit. Ein hochempfindliches Differentialspannungsrelais, daß über einen 95stufigen Sollwerteinsteller von der Tachometerdynamo gespeist wird, verändert bei Abweichen der Drehzahl vom Sollwert den Schlupfwiderstand der Hauptmaschine. Die Verstellung des Regelanlassers erfolgt mit zwei verschiedenen Geschwindigkeiten, einmal um eine Überregelung zu vermeiden, zum anderen um den Charakter der Schnellregelung nicht zu verwischen. Zu diesem Zweck hat das Differentialspannungsrelais Grob- und Feinkontakte, die entsprechend dem verschiedenen Abweichen der tatsächlichen Drehzahl vom Sollwert ansprechen. In der Nähe der verlangten Drehzahl wird die Regelzeit des Verstellmotors am Schlupfregler durch einen Ankervorschaltwiderstand vergrößert. Die am Anker des Relais ferner angebrachte zweite Spule, die normal als Rückführspule arbeitet, wird bei diesem Vorgang zur Kontaktdruckverstärkung als Druckspule umgepolt, um ein Flattern zu unterbinden und ruhigen Betrieb zu gewährleisten.

Damit die richtige Reihenfolge für die Bedienung zwangsläufig eingehalten wird, sind außer den üblichen Rückmeldungen durch Signallampen besondere Verriegelungsschaltungen vorgenommen, die Fehlschaltungen ausschließen.

Wichtig ist z. B., daß das große Gebläse zur Kühlung des Flugmotors beim Bremsen in Betrieb ist. Zum Durchdrehen des Flugmotors ist eine Kühlung nicht immer erforderlich, in gewissen Fällen auch unerwünscht. Auf der elektrischen Seite geht die Asynchronmaschine beim Übergang vom Einlaufen zum Bremsen von Motor- in Generatorbetrieb über, d. h. es tritt eine Richtungsänderung im Leistungsfluß ein. Mittels eines Richtungsrelais wird dieser Wechsel in dem Falle durch Hupe und Lichtsignal am Pult durch das Kommando „Gebläse einschalten" gekennzeichnet, wenn der Lüfter nicht rechtzeitig in Betrieb genommen wurde.

D. Schutzeinrichtungen.

Außer einem Überlastschutz in zwei Phasen ist der Bremssatz noch mit Kurzschlußschutz und einer Überwachung des Läuferstromes durch einpolige Bimetallsekundärrelais versehen. Letzteres wird für die Anwurfmaschine nur in der zwölfpoligen Schaltung verwendet, weil hierbei der Läuferstrom bei gleichem Ständerstrom wesentlich höher, d. h. der Läufer in diesem Falle durch den Ständerschutz nicht eindeutig überwacht ist. Bei untersynchronem Bremsbetrieb ist das einpolige Bimetallsekundärrelais der einzige Überstromschutz, der bei Ansprechen Zündungskurzschluß am Flugmotor bewirkt. Welche der verschiedenen Schutzeinrichtungen bei Auslösen der Expansionsschalter in Tätigkeit getreten sind, kann an den Hochspannungszellen der Bremssätze an Schauzeichen festgestellt werden. Da der Bremsmaschinensatz üblicherweise bei Betrieb nicht zugänglich ist, wurde zusätzlich eine dauernde Temperaturüberwachung der Ständerwicklung vorgesehen. In den einzelnen Phasen der Maschinen liegen Thermoelemente, die durch einen Meßstellenumschalter alle 15 s nach dem Brückensystem abgetastet werden. Bei Überschreiten eines bestimmten einstellbaren Temperaturwertes für die Ständerwicklung der Maschine wird das Gleichgewicht der Brücke aufgehoben; in einer Leuchtschrifttafel erscheint ein Lichtsignal, und gleichzeitig ertönt die Hupe. Bei Ansprechen wird der Meßstellenumschalter stillgesetzt, und es läßt sich feststellen, in welcher Phase die Übertemperatur aufgetreten ist. Das Hupensignal kann abgestellt werden, während das Lichtsignal bis zur Beseitigung des Fehlers aufl[illegible]

Als Überdrehzahlschutz dient einmal ein für einen bestimmten Bereich auf eine beliebige Drehzahl einstellbares Spannungsrelais, das von der mit dem Bremssatz gekuppelten Tachometerdynamo gespeist wird, und zum anderen ein Fliehkraftschalter, der bei einer bestimmten höchstzulässigen Drehzahl Kontakt gibt. In beiden Fällen wird sowohl Zündungskurzschluß des Flugmotors als auch Schnellbremsung bewirkt. Sämtliche übrigen Schutzeinrichtungen sprechen nur auf Zündungskurzschluß am Flugmotor an. Alle Expansionsschalter haben außerdem Spannungsrückgangsauslösung, die den Schalter bei Absinken der Nennspannung bis auf 35 % zum Auslösen bringt. Dieses ist gleichbedeutend mit einer Zeitverzögerung, die bei großen Maschinen mit Schleifringläufer zweckmäßig ist, damit sie bei kurzzeitigem und teilweisem Absinken der Netzspannung nicht sofort abgeschaltet werden. Die Steuer- und Hilfsrelais sind auf einer besonderen Relaistafel zusammengefaßt, während alle Schutzrelais auf den den einzelnen Maschinen zugehörigen Hochspannungszellen angeordnet sind.

Zur Überwachung der Gesamtanlage ist noch eine Reihe von Signalen in einer Leuchtschrifttafel zusammengefaßt, bei deren Aufleuchten auch jedesmal die Hupe ertönt. Die Temperaturen der Sodalösung in den Flüssigkeitsregelanlassern werden durch Thermostaten überwacht, die bei Überschreiten von 65 ° C Kontakt geben. An weiteren Überwachungen durch Licht- und Hupensignal sind zu nennen: Temperaturüberwachung der Lager des Hochdruckgebläses durch Thermostaten, ferner die Fremdbelüftung des Bremssatzes durch Luftströmungsrelais, die Gleichspannung von 110 V des Erregerumformers zum Schnellbremsen, ferner die Fremderregung von 220 V Gleichstrom der Tachometerdynamo. Die Gebläsemotoren besitzen lediglich Überlastschutz.

E. Schnellbremseinrichtung.

Bei auftretender Gefahr muß durch Betätigung des Notdruckknopfes die Anlage innerhalb von rd. 10 s unabhängig von der jeweiligen Drehzahl und Bremsleistung zum Stehen gebracht werden. Hierbei wird in den Läuferkreis der Hauptmaschine zwangsläufig ein fester Widerstand gebracht, auf den die Maschine abgebremst wird. Die Netzschalter beider Maschinen des Bremssatzes werden geöffnet, und die Gleichstromerregung wird auf zwei Phasen der Hauptmaschine gegeben. Für das Schnellbremsen konnte der Flüssigkeitsanlasser nicht verwendet werden, da die Maschine in einer Stellung zu geringen Widerstandes des Flüssigkeitsanlassers kein genügend großes Bremsmoment hat.

F. Wirtschaftlichkeit des Meßstandes.

Die zugeführte Energie zu beiden Meßständen als auch die bei Bremsbetrieb zurückgewonnene Energie werden durch je einen Zähler in der Zuleitung hochspannungsseitig gemessen. Die Differenz beider ergibt also den Energieüberschuß bereits abzüglich der für die Lüftermotoren benötigten elektrischen Arbeit. Wie aus gemessenen Werten eindeutig hervorgeht, reicht die beim Bremsen anfallende Energie nicht nur zur Speisung des Gebläseantriebes aus, sondern darüber hinaus wird immer noch ein Teil Energie in das Netz zurückgegeben, so daß selbst die für größere Drehzahlbereiche üblicherweise nicht günstige Schlupfregelung von Induktionsmotoren für diesen Betrieb gegenüber anderen Ausführungen immer noch wirtschaftlich ist.

Stellt man einen Vergleich mit einem Prüfstand mit Wasserbremse an, bei dem die nicht unbeträchtliche Energie für den Lüfter dem Netz entnommen werden muß, und außerdem beim Bremsbetrieb erhebliche Kühlwassermengen benötigt werden, so steht die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlage außer Frage. Ferner sind die besonderen Bedingungen wie Anwerfen, Einlaufen, Schnellbremsen nur mit elektrischen Maschinen zu erfüllen, so daß ein wesentlich höheres Anlagekapital durchaus gerechtfertigt ist.

Zusammenfassung.

Für die Durchbildung von Flugmotoren hat die Elektrotechnik in jahrelanger Entwicklungsarbeit von der einfachsten Pendelmaschine bis zum hochwertigen Meß- und Triebwerksprüfstand in besonderem Maße beigetragen. Sie gab in der Erstellung von Prüfständen der Motorenindustrie ein ausgezeichnetes Mittel zur weiteren Vervollkommnung des Flugmotors an die Hand. Es wurde gezeigt, daß auch die Drehstrommaschine durch geeignete Wahl von Hilfsmitteln in der Lage ist, schwierigen regel- und steuertechnischen Bedingungen zu genügen. Darüber hinaus hat die Meßtechnik wesentlichen Anteil am Prüfstandsbau.

Hilfsmittel zur Projektierung von Großflächenausleuchtungen durch Scheinwerfer.

Von **L. Wallner**, Berlin.

DK 628.971 + .973

Übersicht. Hat man lichtstrommäßig die Scheinwerferzahl bestimmt, welche zum Ausleuchten einer Fläche mit einer bestimmten Beleuchtungsstärke nötig ist, so steht man vor der Frage, die Scheinwerfer möglichst günstig anzuordnen. Hierzu eignen sich charakteristische Grundbeleuchtungskurven, d. h. Beleuchtungsstärkenverteilungen am Boden bei verschiedenen Neigungen der Scheinwerferachse gegen die Senkrechte. Zur Ermittlung dieser Grundbeleuchtungskurven eignet sich ein Netzgerippe (Abb. 2) in Verbindung mit zwei Zahlentafeln. Diese Grundbeleuchtungskurven der Scheinwerfer stellen Schnitte durch das Beleuchtungsstärkengebirge dar und ermöglichen eine gewisse Systematik der Scheinwerferanordnung.

1. Bestimmung der Scheinwerferzahl.

Bei der Projektierung einer Großflächenausleuchtung durch Scheinwerfer hat man zunächst die Zahl der Scheinwerfer (z) zu bestimmen, bei welcher eine geforderte mittlere Beleuchtungsstärke E_m auf der Fläche zu erwarten ist. Ist Φ_s der aus einem Scheinwerfer mit der gewählten Bestückung austretende Lichtstrom, so ergibt sich:

$$z\,\Phi_s = E_m F$$

$$z = \frac{E_m F}{\Phi_s};$$

hierbei ist F die auszuleuchtende Fläche.

Diese ermittelten z Scheinwerfer sind nun so anzubringen, daß die beste Gleichmäßigkeit der Ausleuchtung gewährleistet wird, wobei selbstverständlich auch Blendung tunlichst vermieden werden muß.

Die Unterlagen für eine gleichmäßige Ausleuchtung lassen sich bei der Projektierung jedoch nur angeben, wenn nicht nur die Lichtverteilungskurven der Scheinwerfer samt Streuer, sondern auch ihre charakteristischen Beleuchtungsstärkenverteilungen bei Neigung der Scheinwerferachse von 0°, 10° bis etwa 60° oder 70° gegen die Senkrechte bekannt sind. Es wäre daher zweckmäßig, diese Beleuchtungsstärkenverteilungen in der in Abschnitt 2 angegebenen Art samt den Lichtverteilungskurven in die Projektierungsgrundlagen aufzunehmen.

Die Nachprüfung, ob in gewissen Punkten bestimmte Beleuchtungsstärken erreicht werden, wird eigentlich erst mit Hilfe dieser charakteristischen Beleuchtungsstärkenverteilungen möglich.

2. Darstellung der charakteristischen Beleuchtungsstärkenverteilungen.

Bei der Lichtpunkthöhe h, dem Anstrahlungswinkel φ und der Lichtstärke I_φ wird die dem Punkt P mit den Koordinaten (ξ, η) in der Bodenebene (η-ξ-Ebene) eine Beleuchtungsstärke E_p nach Abb. 1 zugeordnet.

$$E_p = \frac{1}{h^2} I_\varphi \cos^3 \varphi\,. \qquad (1)$$

Am zweckmäßigsten zur raschen Ermittlung der bei den verschiedenen Scheinwerferrichtungen zustande kommenden charakteristischen Beleuchtungsstärkenverteilungen zeigt sich nun ein Netz nach Abb. 2. Ein derartiges Netzgerippe wurde auch schon zur Messung von Leuchten mit asymmetrischer Lichtverteilungskurve verwendet[1]).

Zunächst folgt nach Abb. 1:

$$\left.\begin{aligned} \xi &= h\,\frac{\operatorname{tg}\alpha}{\cos\beta} \\ \eta &= h\operatorname{tg}\beta\,. \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

Damit ergibt sich:

$$\cos\varphi = \frac{h}{\sqrt{h^2+\xi^2+\eta^2}} = \cos\beta\cos\alpha$$

und ferner:

$$E_p = \frac{1}{h^2} I_{\alpha\beta} \cos^3\alpha \cos^3\beta\,; \qquad (I_{\alpha\beta} = I_\varphi)\,. \qquad (3)$$

Das Geradennetz der Abb. 2 stellt nun die Schnitte der mit $\beta = 0°$, 5°, 10° bis 70° gegen die ζ-Achse geneigten

$OL = h$ Lichtpunkthöhe
φ Anstrahlungswinkel (Richtung der Scheinwerferlichtstärke gegen die ζ-Achse)
β Winkel der Scheinwerferachse gegen die ζ-Achse
α Winkel der entsprechenden Scheinwerferlichtstärke gegen die Scheinwerferachse
ξ, η Bodenebene

Abb. 1. Scheinwerferanordnung über dem Boden.

Ebenen mit der Bodenebene (ξ-η-Ebene) dar. Das Kurvennetz ergibt sich, wenn man die Schnitte der Schenkel mit $\alpha = 0°$, 5°, 10° bis 70° Öffnungswinkel mit der ξ-η-Ebene (Bodenebene) bestimmt (β ist dabei veränderlich). Zur Berechnung des Geradennetzes ergibt sich also:

$$\eta = h\operatorname{tg}\beta\,; \quad (\beta \text{ von } 0°,\ 5° \text{ bis } 70°),$$

zur Berechnung der Kurven:

$$\xi = h\,\frac{\operatorname{tg}\alpha}{\cos\beta}\,; \quad \eta = h\operatorname{tg}\beta\,.$$

Längs einer Kurve bleibt α konstant. Die Punkte der Kurve ergeben sich dann für $\beta = 0°$, 5°, 10° bis 70°.

[1]) R. Mühlig, Meßapparat für asymmetrische Leuchten, Licht 6 (1936) S. 23 u. 49.

Auf den Blättern zum Gebrauch dieses Netzes wurde der Längenmaßstab gewählt:

$$1 \text{ cm} \triangleq 0{,}1 \text{ m bzw. } 1 \text{ m} \triangleq 10 \text{ cm}.$$

Für eine andere Lichtpunkthöhe, z. B. h Meter, muß der Längenmaßstab für Abszissen (ξ) und Ordinaten (η) abgeändert werden:

$$1 \text{ cm} \triangleq 0{,}1\, h \text{ m bzw.}$$

$$1 \text{ m} \triangleq \frac{10}{h} \text{ cm}.$$

Man hat mit diesem Netz daher ein Mittel, nicht nur die Felder zu ermitteln, welche ein Scheinwerfer bei verschiedenen Richtungswinkeln überstreicht, sondern auch die Beleuchtungsstärkenverteilungen rasch zu berechnen, da in den Schnitten der Geraden mit den Kurven die zugehörigen Werte $\cos^3 \alpha \cos^3 \beta = \cos^3 \varphi$ angeschrieben sind. Da nun die Lichtverteilungskurven der mit bestimmten Streuern versehenen Scheinwerfer meist in der Ebene der größten Streuung und senkrecht dazu gemessen werden, können auch die entsprechenden Beleuchtungsstärkenverteilungen mit Hilfe des Netzes in Abb. 2 einfach berechnet werden.

Abb. 2. Netzgerippe zur Ermittlung der Beleuchtungsstärkenverteilungen von Scheinwerfern. Die Werte sind mit 10^{-3} zu multiplizieren.

Wie schon in Abschnitt 1 erwähnt, rechnet man die Beleuchtungsstärkenverteilungen im Vertikalschnitt (ζ-η-Ebene) bei 0°, 10°, 20° bis etwa 60° Neigungswinkel der Scheinwerferachse gegen die ζ-Achse, ferner die Verteilung der Horizontalbeleuchtungsstärke in den Geraden parallel zur ξ-Achse für $\beta_0 = 0°$, 10°, 20° bis 60°.

Es sei:

I_0 Lichtstärke in der Achse,

$I_{\pm 5}$ Lichtstärke bei $\pm 5°$ gegen die Achse im Vertikalschnitt (ζ-η-Ebene),

$I_{\pm 10}$, $I_{\pm 15}$, $I_{\pm 20}$ entsprechende Werte.

Diese Werte sind aus der Lichtverteilungskurve der Scheinwerfer zu entnehmen. Aus der Zahlentafel 1 sind

Zahlentafel 1. Richtung der Scheinwerferlichtstärken bei bestimmten Achsenrichtungen ($\beta = 0°, 10°, 20°$ bis 70°).

I ↓ / β_0 →	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°
I_{-20}	—20	—10	0	10	20	30	40	50
I_{-15}	—15	— 5	5	15	25	35	45	55
I_{-10}	—10	0	10	20	30	40	50	60
I_{-5}	— 5	5	15	25	35	45	55	65
I_0	0	10	20	30	40	50	60	70
I_{+5}	5	15	25	35	45	55	65	75
I_{+10}	10	20	30	40	50	60	70	80
I_{+15}	15	25	35	45	55	65	75	85
I_{+20}	20	30	40	50	60	70	80	—

nun in den senkrechten Spalten die Winkel der I_{-20}, I_{-15} bis I_{+15}, I_{+20} gegen die ζ-Achse bei allen Winkeln $\beta_0 = 0°$, 10°, 20° bis 70° der Scheinwerferachse (I_0) gegen die ζ-Achse zu entnehmen.

Im Multiplikationsschema nach Zahlentafel 2 sind nun statt der Winkelwerte die $\cos^3\varphi$ dieser Winkel eingetragen. Da die Scheinwerfer kaum mehr als 40° Streuung haben, genügt es, von I_{-20} bis I_{+20} zu gehen, um mit diesem Schema alle möglichen Fälle erfassen zu können, andernfalls wäre es nur nötig, die Tafel entsprechend zu erweitern.

Zahlentafel 2. Multiplikationsschema mit $\cos^3\varphi$. Werte sind mit 10^{-3} zu multiplizieren.

I ↓ / β_0 →	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°
I_{-20}	827	955	1000	955	827	647	449	264
I_{-15}	898	988	988	898	743	549	353	188
I_{-10}	955	1000	955	827	647	449	264	125
I_{-5}	988	988	898	743	549	353	188	76
I_0	1000	955	827	647	449	264	125	40
I_5	988	898	743	549	353	188	76	17
I_{10}	955	827	647	449	264	125	40	5,1
I_{15}	898	743	549	353	188	76	17	0,66
I_{20}	827	647	449	264	125	40	5,1	—

Multipliziert man also die einer bestimmten Scheinwerfer-Lichtverteilungskurve entnommenen Lichtstärken I_{-20} bis I_{+20} mit den obigen $\cos^3\varphi$-Werten, so erhält man die

Abb. 3. Lichtverteilungskurve eines Scheinwerfers im Vertikalschnitt (ζ-η-Ebene) und im Querschnitt.

charakteristischen Beleuchtungsstärkenverteilungen für die Achsenwinkel $\beta_0 = 0°$, 10°, 20° bis 70° in den bezeichneten Spalten.

Sind beispielsweise die Lichtverteilungskurven nach Abb. 3 gegeben, so erhält man mit Zahlentafel 3 mit dem

Multiplikationsschema die charakteristischen Beleuchtungsstärkenverteilungen.

Zahlentafel 3. Charakteristische Beleuchtungsstärkenverteilungen. Werte sind mit 10^3 zu multiplizieren.

I ↓ / β_0 →	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°
16×10^3	132	153	160	153	132	104	72	—
30	269	296	296	269	228	165	106	—
46	439	460	439	380	298	207	121	—
72	711	711	647	535	395	254	135	—
100	1000	955	827	647	449	264	125	—
72	711	647	535	395	254	135	55	—
46	439	380	298	207	121	58	18	—
30	269	223	165	106	56	23	5,1	—
16	132	104	72	42	20	6,4	0,82	—

Die Werte sind bezogen auf $h = 1$ m Lichtpunkthöhe.

Zur graphischen Darstellung eignet sich am besten ein Koordinatensystem, bei welchem als Abszisse das Verhältnis η/h verwendet wird (Abb. 4). Für die Winkel

Abb. 4. Grundbeleuchtungskurven eines Scheinwerfers im Vertikalschnitt, bezogen auf $h = 1$ m, bei verschiedenen Richtungen der Scheinwerferachse gegen die Senkrechte.

$\beta = 0°, 5°, 10°$ bis $70°$ sind die entsprechenden Ordinaten schon vorgezogen, so daß sich leicht die obigen Werte für die entsprechenden Winkel auftragen lassen. Die Beleuchtungsstärken sind dann auf $h = 1$ m Lichtpunkthöhe bezogen.

Für eine bestimmte Aufhängehöhe braucht man bloß den Ordinatenmaßstab entsprechend abzuändern. Bedeutet also bei 1 m Lichtpunkthöhe:

$$1 \text{ cm} \triangleq a \text{ Lx bzw. } 1 \text{ Lx} \triangleq \frac{1}{a} \text{ cm},$$

dann folgt bei h Meter Lichtpunkthöhe:

$$1 \text{ cm} \triangleq \frac{a}{h^2} \text{ Lx bzw. } 1 \text{ Lx} \triangleq \frac{h^2}{a} \text{ cm}.$$

Die Verteilung der Horizontalbeleuchtungsstärke in den Geraden parallel zur ξ-Achse für $\beta_0 = 0°, 10°, 20°$ bis $70°$ ermittelt man mit Hilfe des in Abb. 2 angegebenen Netzes.

Man multipliziert die im Horizontalschnitt liegenden Beleuchtungsstärkenwerte I_0, I_5, I_{10}, I_{15} usw., z. B. bei $\beta = 60°$, mit den aus diesem Schnitt ersichtlichen Werten $\cos^3\alpha \cdot \cos^3\beta$ für $\alpha = 5°, 10°, 15°$ usw. Als Abszissenwerte nimmt man die am Netz abgreifbaren Abschnitte auf der Geraden für $\beta = 60°$ von $\alpha = 0°$ bis $5°, 10°$ usw. Wiederholt man das für alle Winkel $\beta = 60°, 50°, 40°$ bis $0°$, so erhält man beispielsweise für die in Abb. 3 angegebene Lichtverteilungskurve mit den Werten:

$$I_0 = 100 \cdot 10^3 \text{ HK}$$
$$I_5 = 64 \cdot 10^3 \text{ ,,}$$
$$I_{10} = 8 \cdot 10^3 \text{ ,,}$$

die in Abb. 5 angegebenen Beleuchtungsstärkenverteilungen, kurz als Querlichtverteilungen bezeichnet. Praktisch legt man das Millimeterpauspapier mit der Abszissenachse der Querlichtverteilung auf die Gerade $\beta = 60°$ und trägt auf den Schnittpunkten mit $\alpha = 5°, 10°$ usw. die Werte $I_5 \cdot \cos^3 60° \cdot \cos^3 5°$, $I_{10} \cos^3 60° \cos^3 10°$ usw. auf, ebenso für $\beta = 50°, 40°$ usw. Man könnte diese charakteristischen Beleuchtungsstärkenverteilungen auch als charakteristische Grundbeleuchtungskurven bezeichnen, um einer neuen Ausdrucksweise für derartige Darstellungsarten zu folgen[2]).

Eine Vereinfachung in der Projektierung und vor allem die Möglichkeit sich rechnerisch zu überzeugen, ob an bestimmten Stellen gewisse Beleuchtungsstärken erreicht werden, stellen diese charakteristischen Grundbeleuchtungskurven sicher dar.

Zu verlangen wäre dabei allerdings, daß diese Kurven schon bei der Messung der Lichtverteilungskurve von Scheinwerfern berechnet und dem Projekteur in die Hand gegeben werden. Er hat dann die Möglichkeit, sich durch Anpassen des Längen- und Beleuchtungsstärkenmaßstabes an seine Lichtpunkthöhe eine gewisse Systematik der Anordnung auf auf Grund dieser Kurven bei seinem besonderen Beispiel zu machen.

Abb. 5. Grundbeleuchtungskurven eines Scheinwerfers im Querschnitt bzw. Schnitte durch das Beleuchtungsstärkengebirge in Ebenen parallel zur ζ-ξ-Ebene nach Abb. 1.

Zusammenfassung.

Im 1. Abschnitt wird die Scheinwerferzahl ermittelt, welche zum Ausleuchten der Fläche mit einer gewissen Beleuchtungsstärke nötig ist.

Im 2. Abschnitt wird ein Netzgerippe angegeben, mit welchem zwei Schnitte durch das Beleuchtungsstärkengebirge errechnet werden können, sofern die Lichtverteilungskurven in zwei Normalebenen bekannt sind.

Weiterhin wird in Zahlentafel 1 noch die Richtung der Scheinwerferlichtstärken bei bestimmten Achsenrichtungen angegeben, während in der Zahlentafel 2 die $\cos^3\varphi$-Werte dieser Winkel angegeben sind.

Die Beleuchtungsstärkenverteilungen bei Achsenrichtungen von 10° zu 10° können dann mit Hilfe der Zahlentafel 2 ermittelt werden, wie dies in Zahlentafel 3 für eine besondere Lichtverteilungskurve eines Scheinwerfers geschehen ist.

Für die in Abb. 3 angegebenen Lichtverteilungskurven eines Scheinwerfers folgen dann die in Abb. 4 dargestellten charakteristischen Beleuchtungsstärkenverteilungen im Vertikalschnitt. In Abb. 5 sind ferner die Schnitte senkrecht zur Vertikalebene durch das Beleuchtungsstärkengebirge bei 60°, 50° usw. Achsenrichtung des Scheinwerfers angegeben, und zwar wurden diese Kurven mit Hilfe des Netzgerippes der Abb. 2 und der Lichtverteilung gefunden.

[2]) E. Meyer, Über drei praktische Umformungen von Lichtverteilungen, Licht 7 (1937) S. 247.

Versuche mit großen Stoßströmen.

(Mitteilung aus dem Hochstrom-Stoßprüffeld der Siemens-Schuckertwerke AG., Berlin.)

Von R. Foitzik VDE, Berlin.

(Schluß von S. 92).

DK 621.3.014.33.001.4

Belastung von metallischen Leitern mit großen Stoßströmen.

Schließt man die Stromstoßbatterie über einen dünnen Metalldraht kurz, so wird dieser mit einem lauten scharfen Knall in Metalldampf verwandelt, der mit blendender Lichterscheinung verbrennt. Es gelang, etwa 1 m lange Drähte aus verschiedenen Metallen (Kupfer, Eisen, Aluminium u. a.) mit einem Durchmesser bis zu 3 mm auf diese Weise zu verdampfen. Bei Eisendrähten erfolgte die Verdampfung und darauffolgende Oxydation unter Bildung einer dicken dunkelbraunen Wolke von feinstverteiltem, auch durch den Geruchsinn unzweideutig wahrnehmbarem Eisenrost, die bald den ganzen Versuchsraum einnebelte. Der Knall ist bei diesen stromstarken Entladungen so heftig, daß er selbst bei geschützten Ohren noch schmerzhaft wirkt. Noch in einem Abstand von 5 bis 10 m von der Entladungsbahn erfährt der menschliche Körper einen starken schlagartigen Stoß durch die Druckwelle. Der Strom in der Entladungsbahn hatte in diesen Fällen einen schwingenden Verlauf, ähnlich dem von Abb. 4 c. Die größten Stromstärken lagen dabei zwischen 200 000 und 300 000 A. Bei aperiodischem Stromverlauf kann man nur kleinere Querschnitte zum Verdampfen bzw. Schmelzen bringen, da ein Teil der zur Verfügung stehenden Energie, in dem zur Erzielung dieses Stromverlaufes notwendigen zusätzlichen Widerstand vernichtet wird.

Über die Verdampfungs- und Schmelzwirkungen bei aperiodischem Verlauf wurden einige Versuchsreihen durchgeführt[6]), da diese Fälle für Vergleiche mit Auswirkungen natürlicher Blitzschläge von Bedeutung sind. Für diese Versuche wurden zwei verschiedene Entladungszeiten gewählt, eine Halbwertdauer $T_H = 18{,}5$ µs und 38 µs entsprechend den Oszillogrammen Abb. 4 a und b. Die maximale Stromstärke wurde unter Einhaltung des mit dem Kathodenstrahloszillographen kontrollierten Stromverlaufes geändert und die Erscheinungen an den einzelnen in den Entladungskreis geschalteten Drähten, die in diesen Fällen eine Länge von 30 cm hatten, beobachtet. Es wurde zunächst die Stromstärke bestimmt, bei der Drähte von verschiedenem Durchmesser und verschiedenem Werkstoff bis zur Rotglut erhitzt wurden. Bei einer Erhöhung der Stromstärke wurden die Drähte in Stücke gerissen. Diese Stücke hatten eine ziemlich gleichmäßige Länge von etwa 3 cm. Sicherlich ist bei dieser Stromstärke bereits eine teilweise Schmelzung der Drähte erfolgt; es ist aber sonderbar, daß das Zerreißen der Drähte, das wohl auch mit den beträchtlichen bei diesen großen Stoßströmen auftretenden mechanischen Kräften im Zusammenhang steht, in so gleichmäßig lange Teile erfolgt[7]). Ein noch größerer Strom hatte zur Folge, daß die Länge dieser Teile geringer wurde, bis zu etwa 3 mm herab. Die Teilchen wurden dabei mehrere Meter weit geschleudert. Bei weiterer Vergrößerung der Stromstärke trat ein vollständiges Schmelzen und schließlich ein sofortiges Verdampfen der Drähte ein.

[6]) Vergl. P. L. Bellaschi, Electr. Engng. 53 (1934) S. 86; 54 (1935) S. 837 u. 56 (1937) S. 1253.

[7]) Eine Erklärung dafür gibt O. Bethge, Ann. Phys., Lpz. 8 (1931) S. 475: der Draht wird infolge der plötzlichen Erwärmung durch den Stoßstrom verlängert. Dieser plötzlichen Verlängerung je Längeneinheit wirkt aber die Masse der benachbarten Drahtelemente entgegen. Eingehende Rechnungen zeigen, daß der auf Knickung beanspruchte Draht nach den dafür geltenden Formeln in gleich lange Stücke zerbrochen werden muß.

Zahlentafel 1. Maximalwerte der Stoßströme mit einer Halbwertdauer von $T_H = 18{,}5\,\mu s$, die bei Drähten von 1 mm Dmr. ein Glühen, Schmelzen bzw. Verdampfen hervorrufen.

Werkstoff	Stoßströme in kA für		
	Rotglut	Schmelzen	Verdampfen
Kupfer	35	50	60
Eisen	18	23	26
Aluminium	23	34	43
Konstantan	12	20	24

In Zahlentafel 1 sind die Maximalwerte der Stoßströme, die die genannten Erscheinungen hervorriefen, zusammengestellt. Sie gelten für Drähte von 1 mm Dmr. und einen aperiodischen Stromverlauf mit $T_H = 18{,}5$ µs. In Abb. 8 sind die Ströme, die gerade ein vollständiges

Abb. 8. Zum Schmelzen bzw. Verdampfen von Metalldrähten verschiedenen Querschnitts erforderliche Stoßströme ($T_H = 18{,}5$ µs).

Schmelzen bewirkten, abhängig vom Drahtquerschnitt aufgetragen. Man erhält eine lineare Abhängigkeit zwischen Strom und Querschnitt, die übrigens auch leicht rechnerisch zu ermitteln ist. Denn bei Aufstellung der Energiebilanz kommt man zu der Beziehung:

$$\int_0^\infty i^2 R \,\mathrm{d}t = \frac{q\,c\,\gamma\,l\,\vartheta}{100 \cdot 0{,}239},$$

wobei

- q Leiterquerschnitt in mm²,
- c mittlere spezifische Wärme von 0 °C bis zum Schmelzpunkt (cal/° C g)[8]),
- ϑ Schmelztemperatur (° C),
- γ spezifisches Gewicht (g/cm³),
- l Länge des Drahtes (cm),
- ϱ mittlerer spezifischer Widerstand (Ωcm) von 0 °C bis zum Schmelzpunkt[8]).

[8]) Über die Temperaturabhängigkeit zwischen 0 °C und Schmelzpunkt der spezifischen Wärme und des spezifischen Widerstandes von technischem Kupfer und Aluminium siehe auch Avramescu, Dissertation T. H. Dresden 1937.

Für i sind (5) und (6) einzusetzen; bei $R = \frac{\varrho\, l}{q}$ erhält man

$$i_{\max} = \sqrt{550 \frac{\vartheta\, c\, \gamma}{\varrho}}\, \frac{q}{\sqrt{T_H}} = K \frac{q}{\sqrt{T_H}}\,, \qquad (8)$$

wobei

K Werkstoffkonstante,
T_H Halbwertdauer des aperiodischen Stromverlaufs in µs.

Die aus den Messungen bestimmte Werkstoffkonstante K ist für einige Metalle in Zahlentafel 2 wiedergegeben.

Zahlentafel 2. Durch Versuche ermittelte Konstanten K, K_1 und K_2 zur Berechnung von $i_{\max}$ nach Gl. (8).

Werkstoff	K (Schmelzen)	K_1 (Glühen)	K_2 (Verdampfen)
Kupfer	305 000	220 000	327 000
Eisen	115 000	90 000	138 000
Aluminium	200 000	128 000	230 000
Konstantan	107 000	70 000	129 000

Außerdem sind darin die Konstanten K_1 und K_2 aufgeführt, die in die gleiche Formel eingesetzt, die Ströme ergeben, die eine Erwärmung der Drähte bis zum Glühen (etwa 600° C) bzw. bis zum Verdampfen hervorrufen. In allen Fällen sind die aus den Messungen gefundenen Konstanten in guter Übereinstimmung mit rechnerisch ermittelten Werten.

Mit Hilfe der Meßwerte von Abb. 8 und Gl. (8) hat man in gewissem Grade die Möglichkeit, den Querschnitt eines Leiters zu berechnen, der z. B. für die Ableitung eines direkten Blitzschlages bemessen sein soll. Nehmen wir eine schon große Blitzstromstärke von 100 000 A und eine Halbwertdauer von 50 µs an, so erhält man z. B. für Aluminium einen Querschnitt

$$q = \frac{i_{\max} \sqrt{T_H}}{K_1} = \frac{100\,000 \cdot \sqrt{50}}{128\,000} = 5{,}5 \text{ mm}^2.$$

Dabei würde allerdings der Draht auf rd. 600 ° C erhitzt werden. Sieht man eine Erwärmung um 200 ° C als zulässig an, so erhält man einen etwa $\sqrt{3}$mal so großen Querschnitt, also 9,6 mm² (3,5 mm Dmr.). Für Gebäudeblitzableiter ist ein Querschnitt von 50 mm² aus Stahl vorgeschrieben. Man hat damit also eine beträchtliche Sicherheit, so daß noch größere Blitzströme und -zeiten sowie Mehrfachblitze beherrscht werden können.

Interessant waren Versuche mit gummiisolierten Kupferdrähten, NGA-Leitungen von 1 bis 4 mm². Wurde die Stromstärke in der üblichen Art so hoch gewählt, daß die metallische Ader verdampfte, so blieb sonderbarerweise die Gummiisolation übrig. Die Untersuchung der Isolation zeigte, daß der Gummischlauch an der Innenseite kaum verändert war. In Abständen von etwa 2 bis 3 cm war die Isolation teilweise aufgerissen, während sie dazwischen unversehrt geblieben ist; z. T. waren Längen von 6 cm gar nicht beschädigt. Abb. 9 zeigt die übriggebliebenen Gummiisolationen von zwei Leitungen mit 1 mm² und 4 mm² Querschnitt nach solchen Versuchen. Man erkennt deutlich die in gewissen Abständen liegenden aufgerissenen Stellen, wo das verdampfte Metall ausströmte. Die Verdampfung des Leiters erfolgt so schnell, daß wohl deshalb ein Zersetzen des Gummis nicht stattfinden kann. Einen Begriff von der Geschwindigkeit, mit der eine solche Verdampfung vor sich geht, kann man auch bekommen, wenn man einen Kupferdraht, der sich in der Achse eines Isolierrohres befindet, mit großen Stoßströmen beansprucht. Der Druckausgleich erfolgt nicht etwa in axialer Richtung durch die offenen Enden des Rohres, sondern wegen der augenblicklichen Verdampfung nach allen Seiten hin, so daß die Rohrwandung dabei explosionsartig zerstört wird. Aus Abb. 10 a ersieht man z. B., in wie kleine Teile ein Fiberrohr von 10 mm l. W. und 3 mm Wandstärke zerfetzt wird, wenn darin ein Silberdraht von 1 mm Dmr. mit etwa 100 000 A verdampft wird. Der Silberdraht war an den Enden in dickere Kupferlitzen eingelötet, die von dem Stoßstrom nicht verdampft wurden. Man erkennt aus der gleichen Abb. 10 a auch, daß die Rohre nur in der Länge der verdampften Silberdrähte zerstört wurden, daß die Rohrenden, in denen der dicke Kupferdraht lag, dagegen ganz blieben. Eine vollständige, mit Porzellanüberwurf versehene Auspuffsicherung, die eine ähnliche Anordnung darstellt, wird natürlich bei diesen Stoßströmen ebenfalls zerstört, wie Abb. 10 b zeigt. Abb. 11 zeigt Beispiele von elektrodyna-

a b

Abb. 9. Gummiisolation einer NGA-Leitung von (a) 4 mm² und (b) 1 mm² nach Verdampfen des Leiters durch einen großen Stoßstrom.

a b

Abb. 10 a u. b. Fiberrohre und Auspuffsicherung, durch plötzliches Verdampfen des Schmelzdrahtes infolge einer stromstarken Stoßentladung zerstört.

mischen Auswirkungen großer Stoßströme. Das Zusammenquetschen des in der Abbildung sichtbaren Kupferbandes (75 × 0,2 mm Querschnitt), des Kupferrohres (15 mm Dmr.; 0,3 mm Wandstärke) und der Drahtreuse

a

b

c

Abb. 11. Elektrodynamische Wirkungen von Stoßströmen (200 000 A, Entladungsdauer 30 µs).
a Kupferblech 300 · 75 · 0,2 mm b Kupferrohr 300 · 15 Dmr. · 0,3 mm
c Reuse mit 8 Drähten von 4 mm Dmr.

erfolgt unter dem Einfluß der gegenseitigen Anziehung der parallel gleichgerichteten Stromfäden in diesen Leitern.

Diese im Laboratorium festgestellten Auswirkungen großer Stoßströme stehen in guter Übereinstimmung mit Beobachtungen bei natürlichen Blitzschlägen. Das erscheint auch selbstverständlich, nachdem an Hand von Kathodenstrahl-Oszillogrammen nachgewiesen wurde, daß die Stoßströme im Laboratorium den Strömen im Blitzkanal gleichkommen.

Es kommt oft vor, daß kupferne Antennen, Telephondrähte, Erdungsdrähte usw. bis zu 10 mm² Querschnitt vom Blitz geschmolzen wurden. Andererseits ist mehrfach bestätigt worden, daß Kupferleiter von 16 mm² bzw. Eisendrähte von 20 mm², die in gewitterreichen Gegenden direkten Blitzschlägen ausgesetzt waren, dadurch nicht geschmolzen wurden. Daß Auspuffsicherungen durch direkte Blitzschläge explosionsartig zerstört werden, ist aus der Praxis der Elektrizitätswerke bekannt. Auch das Verdampfen der Kupferader einer gummiisolierten Niederspannungsinstallation durch Blitzströme (nicht durch den Betriebsstrom!), ohne daß die Isolation dabei verbrannte, kam gelegentlich vor.

Durchschlag von Isolatoren bei großen Stoßströmen.

Wegen der relativ kleinen Spannung von 52 kV der Stromstoßanlage würde man nur kleine Isolationsstrecken — von wenigen Zentimetern Länge — durchschlagen können. Um die Wirkungen von Hochstromstoßentladungen auch an größeren Prüflingen von z. B. 1 m Überschlagslänge studieren zu können, wurde eine Schaltung nach P. L. Bellaschi[9]) angewandt, wobei eine Spannungsstoßanlage für 1000 kV mit der Stromstoßanlage zusammenarbeitet, Abb. 12. Ein wichtiges Element

Abb. 12. Schaltung der Versuchsanordnung zur Erzeugung künstlicher Blitze von großer Stromstärke.

dieser Schaltung ist der aus einem dünnen hochohmigen Widerstandsdraht bestehende sogenannte „Mikrosekundenschalter". Er hat erstens die Aufgabe, der Entladung der Spannungsstoßbatterie den Weg nach der Stromstoßbatterie zu sperren, damit ein Überschlag am Prüfling stattfinden kann. Dies erfolgt durch den großen Spannungsabfall an dem dünnen Draht (der natürlich größer sein muß als die Überschlagspannung des Prüflings), dessen hoher Widerstand durch das plötzliche Erhitzen oder gar Verdampfen des Drahtes zusätzlich erhöht wird. Die zweite Aufgabe des Mikrosekundenschalters besteht darin, die Entladung der Stromstoßbatterie über den Prüfling zu bewirken, solange der gut leitende Überschlagskanal der Hilfsentladung noch besteht. Das geschieht dadurch, daß der aus dem Widerstandsdraht inzwischen entstandene Metalldampf in einen Lichtbogen übergeht, d. h. thermisch und durch Stoß stark ionisiert wird und dann einen sehr kleinen Widerstand darstellt, so daß nun der große Strom über ihn fließen kann.

Abb. 13 zeigt ein Lichtbild einer Stoßentladung von 80 000 A über eine etwa ¾ m lange Luftstrecke. Man erkennt auf dieser Abbildung auch den zwischen Prüfling und Stromstoßbatterie geschalteten „Mikrosekundenschalter" als helleuchtende Säule des dem verdampften Metalldraht nachfolgenden Funkenkanals. Der Überschlagsfunke hat eine eigenartige Form mit vielen Einschnürungen, die wohl auf eine Explosion des heißen Entladungskanals schließen lassen. P. L. Bellaschi[10]) schätzt den im Entladungskanal auftretenden Druck auf etwa 50 at. Die Temperatur würde dann etwa 15 000 °K betragen. Solange der große Stoßstrom fließt, bleibt der Querschnitt des Kanals infolge der zusammendrückenden Kräfte der parallelen Stromfäden der Entladung klein. Sobald der Stromfluß aber aufhört, die Gegenkraft also fehlt, findet ein plötzlicher Ausgleich der unter dem Druck von 50 at stehenden Säule statt, wobei der Vorgang auch turbulent verlaufen kann. Der stromstarke Luftdurchschlag stellt einen künstlich erzeugten Blitz dar, der bis auf seine Länge und Spannung einem natürlichen Blitz gleicht. Man kann diese Stoßentladung demnach als Teilausschnitt aus einem Blitz ansehen. Als Vergleich zu

9) Electr. J. 33 (1936) S. 273.
10) Bellaschi, Electr. Engng. 56 (1937) S. 1253, ETZ 59 (1938) S. 154.

Abb. 13. Entladung der Stromstoßbatterie mit 80 000 A über eine Luftstrecke von 700 mm.

Abb. 14. Entladung einer Spannungsstoßbatterie.

Polarität nur um etwa 10 % kleiner geworden war, während sie sich bei positivem Stoß gar nicht geändert hatte[11]).

Während stromstarke Stoßentladungen beim Überschlag von Isolatoren nur geringfügige Beschädigungen hervorrufen, können beim Durchschlag explosionsartige Zerstörungen auftreten. Dies ist an Abb. 16 z. B. erkennbar. Auf der linken Seite sieht man die Auswirkungen eines Überschlages eines Eichenstammes von etwa 250 mm Dmr. bei einem Strom von 80 000 A und 50 µs Entladungsdauer. Es ist lediglich die Rinde in einer Breite von 100 mm abgesprengt und das Holz etwas ausgesplittert worden. Beim Durchschlag dagegen (rechts in der Abbildung) wurde der Stamm in mehrere Teile zerrissen, die trotz der hohen mechanischen Festigkeit des Eichenholzes mit lautem Knall und großer Gewalt mehrere Meter weit geschleudert wurden.

Es wird vielfach angenommen, daß die explosionsartige Zerstörung von Baumstämmen durch Blitzschläge auf das plötzliche Verdampfen der im Holz enthaltenen Feuchtigkeit zurückzuführen ist. Versuche mit dem Stromstoßgenerator haben aber gezeigt, daß

dieser Hochstromstoßentladung ist in Abb. 14 ein vom Spannungsstoßgenerator allein erzeugter Luftdurchschlag, der nur eine Stromstärke von etwa 1000 A führt, dargestellt. Man sieht den erheblichen Unterschied im Durchmesser dieser beiden Entladungen.

Abb. 15 zeigt einen Überschlag über eine dreigliedrige Kette aus K3-Isolatoren bei etwa 80 000 A und einer Entladungsdauer von 50 µs. Die Hängekette weist nach einem Stoßüberschlag mit so großer Stromstärke kaum Beschädigungen auf. Sowohl die Schmelzstellen an den eisernen Armaturen als auch die Anschmelzungen auf der Porzellanoberfläche bzw. der Glasur sind nur geringfügig. Man konnte nach diesen Versuchen z. B. auf dem Isolator eine 35 mm breite Überschlagspur von der Form einer rauhen sandpapierartigen Stelle von unbedeutender Tiefe feststellen; auf dem mittleren Isolator waren sechs Markierungen von 3 bis 9 mm Breite hinterlassen worden. Man sieht auch aus Abb. 15, daß die Entladung auf dem mittleren Kettenglied sich mehrfach verzweigt hatte. Der Porzellanscherben ist bei diesen stromstarken Stoßentladungen infolge der plötzlichen Ausdehnung des Funkenkanals einer kräftigen Druckwelle ausgesetzt, der er jedoch mechanisch standhält. Außerdem an Stützern aus Porzellan durchgeführte Überschlagsversuche ergaben auch nur geringe Brandspuren auf der Isolatoroberfläche. Die Überschlagsmarkierungen auf Porzellanstützern hatten die gleiche Form einer matten Stelle oder Anrauhung der Glasur wie bei den Hängeketten; bei Hartpapierstützern konnte man einen feinen Einbrand in die Lackschicht der Oberfläche feststellen. Bemerkenswert ist, daß die Mindestüberschlagstoßspannung der Stützer durch solche kräftigen Stoßbeanspruchungen kaum herabgesetzt wird. Messungen an Stützern der Reihe 10 haben ergeben, daß selbst bei sechs Stoßüberschlägen von 80 000 A bis 100 000 A die Mindeststoßüberschlagspannung bei der negativen

Abb. 15. Stromstarker Stoßüberschlag (80 000 A) einer Hängekette aus K 3-Isolatoren.

Holzstämme, die außerordentlich gut getrocknet wurden, beim Durchschlag in der gleichen Art auseinandergerissen wurden wie nicht getrocknetes Holz. Ganz ähnliche explo-

[11]) S. auch R. Foitzik, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 35.

sionsartige Zerstörungen erfolgten auch beim Durchschlag von Mauerwerk, Abb. 17. Die Erscheinungen dabei waren bei verhältnismäßig neuem Mauerwerk (¼ Jahr alt) im wesentlichen die gleichen wie bei altem, das vor dem Versuch längere Zeit einer Temperatur von 120 °C ausgesetzt war. Ebenso wurden Porzellanisolatoren beim **Durchschlag** mit hohen Stoßströmen mit großer Gewalt zersprengt. Es hat sich dabei sowohl um Kappendurchschläge bei Hänge- oder Stützenisolatoren gehandelt als auch um Durchschläge durch den isolierenden Zwischenboden von schlecht konstruierten Stützern mit eingesenkten Armaturen, Abb. 18. In den letztgenannten Fällen kann man ein Verdampfen von Feuchtigkeit bestimmt nicht als Explosionsursache annehmen. Diese Annahme ist auch nicht nötig, weil bei der hohen Temperatur im Entladungskanal, die auf rd. 15 000 ° geschätzt wird, Holz oder Porzellan fast genau so stark verdampft (oder in gasförmige Bestandteile zersetzt wird) wie Wasser. Es sei noch bemerkt, daß die beschriebenen Zertrümmerungen beim Durchschlag mit kleinen Stoßströmen (von wenigen 1000 A), wie sie mit einer Spannungsstoßbatterie allgemein erzeugt werden, natürlich nicht auftreten.

Abb. 16. Eichenstamm von 250 mm Dmr. nach einem Überschlag (links) und Durchschlag (rechts) mit einem Stromstoß von 80 000 A.

Wurde eine etwa ½ m dicke Schicht aus Quarzsand mit den obengenannten großen Stoßströmen durchschlagen, so entstand um den Entladungskanal eine eigenartige Röhre von zusammengesintertem Sand, Abb. 19. Diese Röhren hatten einen Durchmesser von 10 bis 20 mm bei Wandstärken bis zu 3 mm; sie wiesen bisweilen Verästelungen mit einem Durchmesser von 1 bis 5 mm auf. Der Sand mußte bei diesem Versuch — am besten in einem Isolierrohr — zusammengehalten oder -gepreßt sein, da sonst die Röhre im Augenblick der Entstehung infolge der bereits erwähnten Explosion des Funkenkanals zerstört und der Sand in den Versuchsraum gewirbelt wurde.

Es wurden auch einige Versuche über die Wirkung des künstlichen Blitzkanals auf leicht entzündbare Stoffe durchgeführt. Es zeigte sich das überraschende Ergebnis, daß z. B. ein ½ m hoher Haufen von getrockneter Holzwolle beim Durchschlag mit 80 000 A und einer Entladungsdauer von fast 50 µs nicht entzündet wurde; die lose liegende Holzwolle wurde lediglich auseinandergeblasen, bisweilen gab es auch etwas Qualm, jedoch ohne Entflammung. Wurde bei diesen Versuchen dagegen durch Einschalten einer Drosselspule die Entladungsdauer auf etwa 150 bis 200 µs vergrößert, so ging der Holzwollehaufen augenblicklich in Flammen auf, obgleich dabei der Strom nur 10 000 A bis 15 000 A betrug, die gesamte Energie im Entladungskanal also erheblich kleiner war als bei den kurzen Entladungszeiten. Zur Entzündung ist demnach eine gewisse Zeit notwendig.

Abb. 17. Mauerwerk, durch eine Stoßentladung von 80 000 A zerstört.

Diese mit künstlichen Blitzen gewonnenen Ergebnisse zeigen eine große Ähnlichkeit mit Auswirkungen, die bei Blitzschlägen der Natur beobachtet wurden. Daß Bäume oder Holzmaste beim **Über**schlag nur geringfügig beschädigt werden, Abb. 20, beim Durchschlag dagegen oft genug völlig zersplittert werden, ist eine bekannte Tatsache. Ebenso sind Zerstörungen beim Blitzschlag in Mauerwerk, z. B. in Schornsteine[12]), oder Explosionen von Isolatoren bei Durchschlägen infolge direkter Blitzschläge ohne anliegende Betriebsspannung[13]) beobachtet worden. Beim Blitzschlag in Sandboden entstehen die bekannten Blitzröhren oder Fulgurite, die von den künstlich erzeugten kaum zu unterscheiden sind. Schließlich unterscheidet der Volksmund zwischen „kalten" und „warmen" Blitzschlägen und versteht unter „kalten Schlägen" solche, die beim Einschlag z. B. in eine Scheune diese nicht zum Entzünden bringen. Es sind dies wohl Blitze von kurzer Stromflußdauer.

Abb. 18. Stützer für 10 kV nach Überschlag (links) und Durchschlag (rechts) mit 80 000 A.

Einschlagspuren stromstarker Stoßentladungen auf Metalloberflächen.

Abb. 21 zeigt photographische Aufnahmen von Schmelzspuren auf einer glatten Eisenplatte, die durch Funkenentladungen mit verschieden großen Stoßströmen

[12]) Schwenkhagen, Schr. Naturforsch. Ges., Danzig, 20 (1937) S. 95.

[13]) R. Foitzik, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 35.

entstanden sind. Die Ströme hatten dabei einen sinusförmigen Verlauf entsprechend den Kathodenstrahloszillogrammen Abb. 5 mit einer Entladungszeit von 23 bzw. 45 µs. Der Durchmesser dieser Strommarken hängt von der Stromstärke und von der Entladungsdauer ab.

Abb. 19. Durch große Stoßströme künstlich erzeugte Blitzröhren (Fulgurite).

Er war bei den vorliegenden Entladungszeiten etwa 10 mm groß bei 12 000 A und erreichte 20 bis 25 mm bei 220 000 A. Bezeichnend ist, daß trotz der großen Stromstärken die Schmelzwirkung auf der Metalloberfläche nur sehr gering ist. Bei der Stromstärke von 12 000 A insbesondere ist

Abb. 20. Blitzschlag in eine Eiche (Überschlag). Die Stromstärke hat schätzungsweise 30 000 A betragen.

die Markierung nur so schwach, daß man sie auf einer weniger glatten Oberfläche kaum hätte feststellen können. Aber auch bei dem großen Strom von 220/40 kA — es waren dabei zwei Halbwellen mit Scheitelwerten von 220 bzw. 40 kA aufgetreten — beträgt die Tiefe der Einschmelzung nur Bruchteile eines Millimeters. Auf anderen Metallen, wie Kupfer oder Aluminium, zeigen die Strommarken von Stoßströmen das gleiche Aussehen mit der gleichen Abhängigkeit des Durchmessers von der Stromstärke und der Stromdauer.

Bei Stoßströmen größerer Fließzeiten von 100 bis 200 µs erhält man Strommarken, die sich von den mit kurzer Entladungsdauer erzielten grundsätzlich unterscheiden. Während bei den kürzeren Entladungszeiten ein Polaritätsunterschied hinsichtlich der Strommarken nicht festgestellt wurde, zeigte es sich bei den längeren Entladungszeiten dagegen, daß bei einem Stoß negativer Polarität an Stelle einer flächenhaften Stromspur eine größere Anzahl einzelner scharf voneinander getrennter kleiner Schmelzpunkte auftrat[14]). Bei positivem Stoß hatte die Strommarke das gleiche Aussehen wie bei kurzen Entladungszeiten.

12 000 A 45 000 A 220 000 A

Abb. 21. Strommarken großer Stoßströme auf einer glatten Eisenplatte.

Es ist bekannt, daß die von einem wirklichen Blitzschlag auf Metallen hinterlassenen Schmelzstellen auch nur klein und deshalb auch schwer auffindbar sind, insbesondere z. B. auf den Leitungsseilen selbst oder den Eisenmasten oder -traversen und Hochspannungsleitungen, wo die Einschlagstelle außerdem durch Farbanstrich, Rost oder Schmutz unkenntlich gemacht ist. B. v. Borries[15]) beschreibt einen interessanten Fall eines photographisch aufgenommenen Blitzschlages in die Traverse einer 100 kV-Leitung. Der Blitzstrom dürfte 10 bis 15 kA betragen haben. Obgleich an Hand der photographischen Aufnahme die Einschlagstelle mit ziemlicher Genauigkeit festzustellen war, konnte bei einer nachträglichen Untersuchung doch keine Spur des Blitzschlages gefunden werden. Das erscheint nach diesen Versuchen verständlich. Ebenso sind andere Fälle von Einschlägen in Blitzableiter- oder Metallspitzen bekannt, die beweisen, daß Schmelzstellen selbst von kräftigen Blitzschlägen erheblich geringer sind, als man im allgemeinen erwartet, und daß sie das gleiche charakteristische Aussehen der im Laboratorium durch Stoßströme großer Stromstärke erzeugten aufweisen[14]).

Zusammenfassung.

Die Versuche mit der Hochstromstoßbatterie haben gezeigt, daß es im Laboratorium möglich ist, die im Blitzkanal auftretenden Stoßströme mit großer Annäherung nachzuahmen und daß auch die Auswirkungen dieser künstlich erzeugten Blitzschläge den in der Natur beobachteten gleichen. Die elektrodynamischen und thermischen Wirkungen sind in Anbetracht der großen Ströme wegen der kurzen Dauer des Stromflusses nur klein, dagegen können schwere Zerstörungen mit explosionsartigem Charakter infolge thermodynamischer Wirkungen auftreten.

[14]) R. Foitzik, siehe Fußnote 11.
[15] B. v. Borries, ETZ 58 (1937) S. 497.

Untere Harmonische in eisenhaltigen Stromkreisen.

DK 538.522.3 : 538.551.3

In Wechselstromkreisen mit eisenhaltiger Drosselspule kann bekanntlich ein mit einer unteren Harmonischen schwingender Strom entstehen. Die Lösung der grundlegenden Differentialgleichung

$$R\,i + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int i\,dt + \frac{d\psi}{dt} = E \sin(t + \Theta),$$

wobei R den Widerstand, L die konstante Induktivität, C die Kapazität und Φ den vom Strome i abhängigen Gesamtfluß der Drosselspule bedeutet, kann dadurch erleichtert werden, daß man die tatsächliche Magnetisierungskurve durch eine senkrechte und eine schräge Gerade ersetzt, d. h. für $i = 0$ einen plötzlichen Anstieg der Induktion bis zu einem Werte $\mathfrak{B}_s$ annimmt, von welchem dann die Induktion nach einer schrägen Geraden weitersteigt[1]). Eine rechnerische Verfolgung läßt erkennen, daß unter dieser vereinfachenden Annahme der Strom Null bleibt bis zur Erreichung des Wertes Φ_s, der der Induktion $\mathfrak{B}_s$ entspricht. Während sich dann $\mathfrak{B}$ auf dem schrägen Teil der Magnetisierungskurve nach oben und nach Erreichung des Höchstwertes wieder nach unten bewegt, steigt der Strom angenähert nach einer Sinuskurve bis zu einem Höchstwert, um bei Wiedererreichung des Wertes $\mathfrak{B}_s$ wieder Null zu werden. Der Kondensator wird während dieser Zeit geladen. Während mehreren weiteren Perioden der aufgedrückten Spannung wird ein neues Erreichen des Wertes Φ_s durch die Spannung am Kondensator unmöglich gemacht, der Fluß schwingt während dieser Zeit nach der Gleichung

$$\Phi = \omega E\,(1 - \cos \omega t) - N\,\omega t - M,$$

wobei N und M Konstanten sind, und der Strom bleibt Null bis zum Augenblick, in dem der negative Wert $\Phi = -\Phi_s$ erreicht wird. Dann beginnt ein neues Anwachsen des Stromes im entgegengesetzten Sinne, der Kondensator wird entladen, und der Vorgang wiederholt sich im umgekehrten Sinn. Die vom Kondensator aufgenommene Ladung kann also als die Ursache der Erscheinung von unteren Harmonischen in eisenhaltigen Stromkreisen angesehen werden. Diese schrittweise fortschreitende, für jeden gegebenen Fall neu durchzuführende Lösung kann mit Hilfe eines Differentialanalysators (eines Geräts mit mehreren Integraphen) bedeutend erleichtert werden. Neben dem erwähnten einfachsten Falle können noch zwei andere unterschieden werden, insbesondere der, wo der Fluß Φ nach der Rückbewegung am schrägen Teil der Magnetisierungskurve nicht unmittelbar bis zu Null und darüber bis zu $-\Phi_s$ herabsinkt, sondern nur bis zu einem positiven Wert auf dem senkrechten Teil der Kurve fällt, dann aufsteigt und den schrägen Teil noch einmal durchläuft, um erst dann zu dem negativen Werte $-\Phi_s$ herabzufallen. Diese Betrachtungen gelten für den Einschaltvorgang. Um den Dauerzustand zu finden, ist natürlich die Lösung für mehrere Stromperioden durchzuführen, was dieses Verfahren etwas umständlich macht. Eine unmittelbare rechnerische Bestimmung der Stromperiode im Dauerzustand wird bei der Annahme $R = 0$ angegeben, die aber nicht zu ganz einwandfreien Ergebnissen führt. (In der Originalarbeit wird die Zeit t in Radianten statt ωt geschrieben, was zwar zu einer Vereinfachung führt, aber die Gleichung für Φ in einer nicht ohne weiteres verständlichen Form $\Phi = E\,(1 - \cos t) - N\,t - M$ erscheinen läßt.)

—ak.

[1]) I. Travis u. C. N. Weygandt, Electr. Engng. 57 (1938) Trans. Sect. S. 423; 8½ S., 7 Abb.

Vorschriften für Kraftfahrzeug-Anlaß- und -Beleuchtungsbatterien[1]).

VDE-Ausschuß für Akkumulatoren.

DK 621.355.2 : 629.113.5

VDE 0809.

Entwurf.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Einspruchsfrist: 20. Februar 1939.

Inhaltsübersicht.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Vorschriften treten mit dem . . . . in Kraft[2]).

§ 2.

Geltungsbereich.

Diese Vorschriften gelten für alle Bleiakkumulatoren, die als Kraftfahrzeug-Anlaß- und -Beleuchtungs-Batterien verwendet werden.

§ 3.

Normen.

Für diese Vorschriften gelten die einschlägigen Normen[3]).

§ 4.

Allgemeines.

Ungefüllt gelieferte Batterien sind entsprechend den Vorschriften des Lieferwerkes zu behandeln; dasselbe gilt für die Wiederaufladung der Batterien.

§ 5.

Ermittlung der Kapazität.

Entladestromstärke in Ampere während der Dauer der Entladung gleichbleibend bei:

a) 10-stündiger ununterbrochener Entladung gleich $^1/_{10}$ des Zahlenwertes der Kapazität in Amperestunden.

b) 5½-stündiger ununterbrochener Entladung das 1,5-fache des 10-stündigen Entladestromes.
Die Prüfung kann wahlweise nach a) oder b) erfolgen.
Säuredichte in aufgeladenen Batterien $1{,}285 \pm 0{,}01$.
Temperatur der Säure bei Beginn der Entladung $20 \pm 2°$ C.

Zulässiger Kleinstwert der Zellenspannung am Ende der Entladung 1,75 V.

§ 6.

Ermittlung der Startfähigkeit.

Entladestromstärke in Ampere während der Dauer der Kurzentladung gleichbleibend das 30-fache des 10-stündigen Entladestromes. Zulässige Kleinstwerte der Zellenspannung bei:

a) Säuretemperatur zu Beginn der Entladung: $20 \pm 2°$ C
nach 1 min. ununterbrochener Kurzentladung . 1,7 V,
nach 5 min. ununterbrochener Kurzentladung . . 1,5 V.

b) Säuretemperatur zu Beginn der Entladung: $0 \pm 1°$ C
nach 1 min. ununterbrochener Kurzentladung . 1,6 V,
nach 3 min. ununterbrochener Kurzentladung . . 1,5 V.

Die Prüfung kann wahlweise nach a) oder b) erfolgen.

Einer Prüfung nach § 6 soll stets eine Entladung nach § 5 mit darauf folgender Wiederaufladung nach § 4 vorausgegangen sein.

§ 7.

Kraftradbatterien.

Kraftradbatterien nach den Normen gemäß § 3 sind nur nach § 5 zu prüfen.

[1]) Diese Vorschriften sind ein Teil der z. Zt. in Bearbeitung befindlichen „Vorschriften für Akkumulatoren".
[2]) Genehmigt durch . . . . . .
[3]) Zur Zeit gelten folgende Normen:
DIN Kr 2301 „Licht- und Anlasserbatterien in Holzkasten"
DIN Kr 2311 „Licht- und Anlasserbatterien in Blockkasten"
DIN Kr 2320 „Kraftradbatterien in Blockkasten".

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.316.5.015.2 : 621.316.1.014.7

Wiederkehrende Spannung bei der Abschaltung von Erdschlüssen an Freileitungssystemen. [Nach R. D. Evans und A. C. Monteith, Electr. Engng. 57 (1938) S. 432; 10 S., 13 Abb.]

Die Verfasser benutzen ein Verfahren, welches sie in einer früheren Arbeit[1]) beschrieben haben: Das zu untersuchende Netz wird in einem Wechselstrommodell dargestellt und die Schaltvorgänge durch einen rotierenden Unterbrecher periodisch wiederholt, so daß der Verlauf der wiederkehrenden Spannung in Ruhe auf einem Kathodenstrahl-Oszilloskop betrachtet werden kann. In der vorliegenden Arbeit ist die Aufgabe gestellt, den Verlauf der wiederkehrenden Spannung bei der Unterbrechung von einfachen und doppelten Erdschlüssen zu untersuchen. Zu diesem Zweck haben die Verfasser ein Netzmodell gemäß Abb. 1 aufgebaut, wobei die zu untersuchende Freileitung für 3 verschiedene Spannungen (34,5 kV, 45 kV und 138 kV) und 3 verschiedene Längen (22,5, 45 und 90 Meilen) eingerichtet werden kann. Die Reaktanzen können so gewählt werden, daß sich in allen 3 Fällen Kurzschlußströme von 500 A, 2000 A

Kraftwerk
Belastung
Frei-leitung
I II I II
Belastung

I Sternpunkte der Transformatoren starr geerdet
II Sternpunkt des Aufspanntransformators über Drosselspule geerdet

Abb. 1. Schaltbild für das Netzmodell.

und 6000 A ergeben. Diese 9 Systeme wurden nun untersucht, wobei die Belastung, der Erdschlußwiderstand (Mastwiderstand), der Lichtbogenwiderstand und die Erdschlußstelle variiert wurden. Zudem konnten die Sternpunkte der Hochspannungswicklungen der beiden Transformatoren am Anfang und am Ende der Leitung entweder beide starr geerdet oder einer von beiden über verschieden große Drosselspulen geerdet werden. Die Belastung des Netzes wurde so groß gewählt, daß sie je nach der gewählten Übertragungsspannung den 5., 4. oder 3. Teil der Kurzschlußleistung ausmacht. Die Mastwiderstände konnten von 0 auf 25 und 100 Ω gebracht werden. Für den Lichtbogenwiderstand wurde ein spannungsabhängiger Widerstand verwendet, der beim Scheitelwert des symmetrischen Kurzschlußstromes einen Spannungsabfall von 20% der Phasenspannung aufnahm.

Bei der Prüfung einer bestimmten Anordnung ging man so vor, daß der Erdschlußpunkt längs der Leitung verschoben wurde und unter den auf dem Oszilloskop erscheinenden Bildern dasjenige festgehalten wurde, welches die höchste Spannung bzw. den steilsten Spannungsanstieg ergab. Als Kriterium für den Einschwingvorgang der wiederkehrenden Spannung, welcher von Polarkoordinaten des Oszilloskopes in rechtwinklige Koordinaten umgezeichnet werden mußte, wählten die Verfasser die erste Spannungsspitze und die höchste Spannungsspitze sowie die beiden Zeiten, die bis zum Auftreten der ersten Spitze bzw. der höchsten Spitze vergangen sind (Abb. 2). Nicht berücksichtigt wurde bei diesem Verfahren eine Rückzündung oder ein frühzeitiges Erlöschen des Lichtbogens; vielmehr wurde angenommen, daß der Strom immer in seinem natürlichen Nulldurchgang zu fließen aufhört. Dies bedeutet eine erhebliche Erleichterung gegenüber der Wirklichkeit, jedoch stellt es die einzige Möglichkeit dar, die Einflüsse der Schaltgeräte aus der Betrachtung auszuscheiden.

Von den vielen Teilergebnissen, welche sich durch Veränderung der obengenannten Bedingungen ergeben (es sind allein über 50 Kurvenscharen abgebildet), seien hier nur die wichtigsten angeführt: Die **höchste** wiederkehrende Spannung beträgt in den ungünstigsten Fällen bei fest geerdetem Sternpunkt max. 175% vom Einschwingwert, bei Erdung durch Drosselspulen 220 %, wobei die Abhängigkeit von der Betriebsspannung gering ist (Abb. 3). Im allgemeinen ist für Spannungen über 100 kV eine Abnahme der wiederkehrenden Span-

wiederkehrende Spannung [% des Einschwingwertes]
200 160 120 80 40 0
A B
400 800 1200 1600 2000 µs
Zeit

A Einfacherdschluß, 138 kV, Sternpunkt starr geerdet, 3-phasiger symmetrischer Kurzschlußstrom 1000 A, Mastwiderstand und Lichtbogenwiderstand = 0, mit Belastung

B Doppelerdschluß 138 kV, Sternpunkt starr geerdet, 3-phasiger symmetrischer Kurzschlußstrom 500 A, Mastwiderstand 33 Ω, Lichtbogenwiderstand = 0, mit Belastung

Abb. 2. Beispiel für die aufgenommenen Spannungskurven.

wiederkehrende Spannung [% des Einschwingwertes]
225 200 175 150 125 100 75 50 25 0
B C A
20 40 60 80 100 120 140 kV
Spannung der Freileitung

A für starr geerdeten Sternpunkt
B Sternpunkterdung über kleine Reaktanz
C Sternpunkterdung über hohe Reaktanz

Abb. 3. Höchste gemessene Spitzen der wiederkehrenden Spannung.

[1]) Electr. Engng. 56 (1937) S. 659.

nungsspitze beobachtet worden. Durch den Mastwiderstand wird beim einfachen Erdschluß die Spannungsspitze herabgesetzt, bei kleinen Kurzschlußleistungen weniger (von 155 % auf 105 %), bei großen Kurzschlußleistungen bedeutend mehr (von 150 % auf 20 %). Die Netzbelastung hat nur einen geringen Einfluß auf den Einschwingvorgang, während der Lichtbogenwiderstand bei fest geerdetem Sternpunkt im Falle des einfachen Erdschlusses die Spannungsspitze bedeutend herabsetzt, im Falle des Doppelerdschlusses wiederum wenig ausmacht. Die Zeit, welche bis zur Erreichung der ersten Spannungsspitze oder der höchsten Spannungsspitze vergeht, wird im allgemeinen durch die genannten Einflüsse wenig geändert; sie wird größer, wenn zahlreiche Leitungen parallel liegen, wodurch bekanntlich die Kapazität vergrößert wird.

Der zweite Teil des Aufsatzes befaßt sich mit der Anwendung der Erkenntnisse auf Löschrohrableiter (protektor tubes), welche in den V. S. Amerika vielfach als Überspannungsschutz für Freileitungen verwendet werden. Bei diesen hängt die Sicherheit, mit der eine bestimmte wiederkehrende Spannung bewältigt wird, stark von der Bohrung ab, welche im Laufe der Zeit bei häufigem Ansprechen immer mehr ausbrennt. Es bestand daher die wirtschaftlich sehr wichtige Frage, wie oft solche Ableiter ausgewechselt werden müssen. Die Untersuchung der Löschrohre auf der einen Seite und der Netzsysteme auf der anderen Seite hat hierfür zahlenmäßige Grenzen ergeben und hat dazu geführt, daß an besonders gefährdeten Netzstellen Löschrohre für eine höhere Spannung eingebaut wurden.

Die Verfasser versprechen sich von einer weiteren Anwendung ihres Verfahrens auch auf andere Fehlerfälle, daß sich hierdurch neue Gesichtspunkte für die Festlegung von Prüfbedingungen für Löschrohre und u. U. auch für Hochleistungsschalter ergeben, da die Spannungsanstiege zum Teil wesentlich niedriger sind als in den Prüfstationen. *W. Kn.*

DK 621.315.68

Anschlußteile für Aluminium-Kupfer-Stromübergänge. [Nach R. Schulze, AEG.-Mitt. (1938) S. 471; 2 S., 3 Abb.]

Leichtmetall-Anschlußteile mit einlegierten Kupferkontakten sind die Ergebnisse von Entwicklungsarbeiten zur Schaffung leicht montierbarer, elektrisch und mechanisch sicherer Elemente für Stromübergänge von Al-Kabeln auf Geräte mit Kupferanschlüssen. Sie bestehen aus einem Kupferkontaktstück und einem durch Herumgießen entstandenen Leichtmetall-Gußkörper. Je nach der Verbindungsart sind die Kontaktstücke als Anschlußaugen für Schraubverbindungen oder als Anschlußzapfen für Klemmverbindungen ausgebildet. Der Leichtmetall-Gußteil kann beliebig gestaltet sein, seine Form läßt sich ohne weiteres der Verwendung der Verbundkörper anpassen, je nach dem, ob diese als anschweißbare Stromübergänge für Kabel oder für Apparate benutzt werden sollen.

Die Herstellung der Anschlußteile erfolgt im Kokillengußverfahren; dabei wird die Oberfläche der in die Gießform eingelegten Kupfer-Kontaktstücke vom herumgegossenen flüssigen Aluminium leicht aufgelöst, so daß zwischen beiden Metallen eine Schmelzverbindung durch die sich bildende Legierungsschicht entsteht. Die Zwischenschicht setzt sich aus Kupfer und Aluminium zusammen und ist in beiden Grundmetallen legierungsmäßig fest verankert. Innerhalb der Anschlußteile wird also durch die Legierungsschicht ein sicherer Stromübergang von Kupfer zum Aluminium gewährleistet.

Für die einwandfreie Herstellung hat sich das gewählte Kokillengußverfahren bewährt. Infolge der guten Allgemeinbedingungen und der Überwachungsmöglichkeit des Gießvorganges gelingt nach diesem Verfahren die Erzeugung gleichmäßiger Teile in Massenherstellung. Durch geeignete mechanische und elektrische Prüfungen läßt sich außerdem die Beschaffenheit der Körper laufend überwachen, so daß nur brauchbare Teile zum Einbau gelangen.

Die Form der Verbundkörper ist unter Berücksichtigung der günstigsten Anschlußmöglichkeiten so gewählt, daß die Bauarbeiten auch unter schwierigeren Verhältnissen haltbar und sauber auszuführen sind. Bei Kabelschuhen mit Kupferauge erfolgt der Anschluß an das Aluminium-Kabel durch Einschweißen in den dafür vorgesehenen Schweißansatz. Da es sich dabei um eine einfache offene Schweißung handelt, gelingt dies unter Benutzung der üblichen Schweißgeräte oder eines Benzol-Sauerstoffgasgemisches und eines kleinen Spitzbrenners ohne Schwierigkeiten. Das Anschweißen von Cu-Al-Übergangszapfen kann ebenfalls durch die für Al-Kabel bekannte offene Schweißung oder besser durch Hülsenschweißung mittels eiserner Schweißformen und eines Doppelbrenners für Benzol-Sauerstoffschweißgas (Fernholz-Verfahren) durchgeführt werden. Zur Erleichterung der Schweißarbeiten ist die Leichtmetall-Gußlegierung so gewählt worden, daß sie sich in ihren Schweißeigenschaften (Schmelzpunkt, Bindevermögen) dem Rein-Al anpaßt.

Beim Übergang von Aluminium auf Kupferkabel dienen Al-Cu-Anschweiß-Enden zur Verbindung der beiden Leiter in der Weise, daß Al mit Al durch eine Schweißverbindung, Cu und Cu durch eine normale Weichlötung unter Verwendung von Sn-Pb-Lot und Löthülse verbunden werden.

Al-Cu-Kabelschuhe sind in ihrer Größe und Form den genormten Kupfer-Messing-Kabelschuhen angepaßt; ihre Montage ist unter Verwendung der bisherigen schwachen Schraubenbolzen möglich, da auch die Anpreßdrücke, wie bei Kupfer auf Kupfer, unverändert bleiben; mit Ermüdungen braucht kaum gerechnet zu werden. Infolge geeigneter Auswahl von Werkstoff und Form sind die Anschlußteile auch mechanischen Beanspruchungen gewachsen.

Umfangreiche Dauerversuche haben die elektrische Brauchbarkeit der Verbundkörper bewiesen. So ergaben sich bei starken Überbelastungen durch Kurzschlüsse keine elektrischen Veränderungen; die geprüften Verbindungen blieben stets erheblich kälter als die mit ihnen verschweißten Aluminiumleiter. Die Prüfung des Stromüberganges innerhalb der Teile durch Messung des Spannungsabfalles ergab eine erhebliche Überlegenheit der Schmelzverbindungen gegenüber Cu-Al-Schraubenverbindungen. Die versuchsmäßig ermittelten Werte werden durch gute Erfahrung aus der Praxis bestätigt. Die in großer Zahl eingebauten Teile haben sich an allen Stellen bisher sehr gut bewährt und gelten allgemein als außerordentlich betriebssicher. *Sb.*

DK 621.315.21.017.7

Erwärmungskurven von Kabeln. [Nach R. V. Picou, Rev. gén. Électr. 44 (1938) S. 431; 5½ S., 8 Abb.]

So wünschenswert es ist, die Erwärmungskurve eines Kabels für eine beliebige Belastung vorausbestimmen zu können, so schwierig ist diese Aufgabe zu lösen in Anbetracht der vielfachen Einflüsse, welche dabei zu berücksichtigen sind. Nach der bekannten Theorie der Erwärmung von Kabeln läßt sich zwar der Kurvenverlauf berechnen, wenn man bestimmte elektrische und thermische Werte annimmt. Es wurden auch umfangreiche Laboratoriumsuntersuchungen (England) an Kabeln verschiedener Bauart (Einleiter- und Mehrleiterkabel mit und ohne Bewehrung) und verschiedener Verlegungsart (in Luft, im Erdboden, in Sand usw.) durchgeführt, doch in der Praxis bleibt nur selten die Kabelumgebung auf der ganzen Länge dieselbe, so daß das praktische Ergebnis solcher Untersuchungen nicht befriedigt. Nur am fertig verlegten Kabel kann man daher mit Aussicht auf Erfolg messen. Nachstehende Zahlentafel zeigt in der 1. Zeile den gemessenen Temperaturanstieg eines Kabels in Abhängigkeit von der Zeit, in der 2. Zeile die zugehörige berechnete Erwärmungskurve:

Belastungsdauer	h	1	2	3	4	5	6	7
gemessene Temperatur . .	°C	17	22,5	26	27,5	28,5	30	30,2
errechnete Temperatur . .	„	14	23	28	31	32	32,5	33

Beide Kurven haben nur den Nullpunkt und den Punkt 22° bei $1^3/_4$ Std. Belastungsdauer gemeinsam.

Es hat sich nun gezeigt, daß eine Erwärmungskurve mit großer Genauigkeit eine Hyperbel mit zu den Koordinatenachsen parallelen Asymptoten darstellt. Als derartige Hyperbel läßt sich die Kurve punktweise vollständig konstruieren, wenn man nur zwei ihrer Punkte aus Messungen am endgültig verlegten Kabel kennt; diese beiden Punkte brauchen nun, was von großer Wichtigkeit ist, auf der Zeitachse nur wenige Stunden auseinander zu liegen, d. h. die Messung erfordert beispielsweise nur zwei Stunden, trotzdem sie den ganzen Erwärmungsverlauf bis zur gleichbleibenden Endtemperatur liefert. In Abb. 4 sind Θ_1 und Θ_2 die beiden Meßwerte, $O\Theta$ und $O\,t$ bezeichnen die Achsen des Koordinatensystems. Die beiden Diagonalen der Koordinatenrechtecke von Θ_1 und Θ_2 schneiden sich in einem Punkt M, und die durch M verlaufende Parallele zur Abszissenachse gibt die Grenztemperatur Θ_l an. Indem man von M weitere Strahlen die Koordinatenachse schneiden läßt, gewinnt man weitere Kurvenpunkte. Die Ge-

raden MT und $M\Theta_l$ sind die Asymptoten der Hyperbel. Die Gleichung der Hyperbel lautet:

$$\Theta = \Theta_1 \frac{T}{T + t},$$

worin T die Abszisse des Punktes M bzw. der zur Ordinatenachse parallelen Asymptote bedeutet. An Kabeln, welche in verschiedenster Weise verlegt waren und deren Erwärmungskurven bis zur konstanten Endtemperatur ermittelt waren, ergab die nachträgliche Anwendung der Hyperbeldarstellung außerordentlich gute Übereinstimmung mit den Meßwerten; nachträglich ließ sich auch bei ihnen aus zwei gemessenen Werten die tatsächlich bei der Messung erreichte Endtemperatur graphisch ermitteln. An einem während 6 Tagen konstant belasteten Kabel wurde z. B. aus den nach 0,5 und 1,5 Tagen gewonnenen Meßwerten die Endtemperatur genau im gemessenen Betrage ermittelt. Man kann also für jedes Kabel nach seiner Verlegung durch eine nur wenige Stunden in Anspruch nehmende Messung seine bei einer bestimmten Belastung zu erwartende Höchsttemperatur feststellen und auf diese Weise auch die zu einer bestimmten Endübertemperatur gehörige Höchstbelastung ermitteln. Sinngemäß kann man weiter die bei einer bestimmten Endübertemperatur zulässigen Überlastungen unter Benutzung der Grundcharakteristik feststellen, welche einem Kabel, das bisher mit einem Strom I_0 belastet war, bei einer höheren Belastung I_1 zugemutet werden darf. Der im Zeitpunkt der Belastungsänderung erreichte Temperaturwert wird dann auf der Grundcharakteristik abgegriffen und bildet für die neue Belastung den Ausgangspunkt der Zeitmessung. Man kann so für eine Kabelanlage Kurventafeln aufstellen, aus denen der Schaltwärter die bei einer bestimmten Anfangsbelastung während einer bestimmten Zeitdauer zulässige Überlastung ablesen kann. *Eg.*

Abb. 4. Konstruktion der hyperbolischen Erwärmungskurve.

DK 621.316.267

Die Lastverteilerstelle der Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité. [Von Y. Le Moigne u. M. Taron, Rev. gén. Electr. 43 (1938) S. 662; 10 S., 10 Abb.]

Die Energieversorgung des 12 kV-Netzes der Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité erfolgt über die 4 Speisepunkte Saint-Ouen (Kraftwerk Nord), Issy-les-Moulineaux (Kraftwerk Süd), Charenton (Umspannwerk) und Villejuif (Umspannwerk). In den Kraft- und Umspannwerken Saint-Ouen und Issy wird die Energie in der Form von Zweiphasen-Wechselstrom 12 kV zur Verfügung gestellt. Die Umspannwerke Charenton und Villejuif sind über 60 kV Drehstromkabel mit den Umspannwerken Nation und Tolbiac verbunden, wo die Umformumg auf Zweiphasen-Wechselstrom mit 12 kV erfolgt.

Während für das 220 kV-Netz eine Lastverteilungsstelle eingesetzt ist, stehen für die 60 kV-Netze und die Kraftwerke 2 Lastverteiler (Messine und Saint-Denis) zur Verfügung. Die Sammelschienen der Kraft- und Umspannwerke sind in Gruppen aufgeteilt. Kraftwerk Nord (Umspannwerk Saint-Ouen) verfügt über 6, Kraftwerk Süd (Umspannwerk Issy) über 2, Umspannwerk Tolbiac über 4 und Umspannwerk Nation ebenfalls über 4 Gruppen. Auf einer Sammelschiene dürfen höchstens 2 Transformatoren von je 18 750 kVA und 1 Generator von 35 000 kVA zusammengeschaltet sein. Von diesen 4 Speisequellen werden 27 Unterwerke gespeist, die ein oder mehrere Teilnetze versorgen. Die 12 kV-Sammelschienen der Unterwerke sind zur Begrenzung der Kurzschlußleistung in mehrere Abschnitte aufgeteilt, die an die verschiedenen Gruppen einer Speisequelle angeschlossen sind. Auf jeden Abschnitt entfällt eine Leistung von etwa 20 000 kVA. Die Aufteilung der Schienen der Unterwerke hat zur Folge, daß bei einem Sammelschienenfehler nur der von dem betreffenden Sammelschienenabschnitt versorgte Teil der Abnehmer betroffen wird, während eine Störung in einer Gruppe der Speisequellen auf die von ihr versorgten Abschnitte der Unterwerke beschränkt bleibt. Da die Umformer und Gleichrichter, die in den Unterstationen angeschlossen sind, auf die verschiedenen Sammelschienenabschnitte verteilt sind, tritt bei einer Störung in der Versorgung eines Sammelschienenabschnittes der Unterstationen im allgemeinen keine Unterbrechung in der Belieferung des Gleichstromnetzes auf. Die Hochspannungsabnehmer sind jeweils über zwei von verschiedenen Sammelschienenabschnitten einer Unterstation gespeiste Kabel angeschlossen. Beim Spannungsloswerden einer Zuleitung hat der Abnehmer die Möglichkeit, sich auf das andere Kabel umzuschalten, wobei die kurze Stromunterbrechung in Kauf genommen werden muß. Zwischen den Unterstationen bestehen Kabelverbindungen, die einseitig unter Spannung stehen und die Möglichkeit bieten, eine Unterstation bei einer Unterbrechung der normalen Speisung oder bei der Durchführung von Arbeiten auf eine andere Speisequelle umzuschalten.

Im Falle einer Störung auf einer speisenden Gruppe oder bei Ausfall aller Gruppen einer Speisequelle entsteht die Frage, welche Maßnahmen in den gespeisten Unterstationen zu treffen sind. Soll die Wiederkehr der Spannung abgewartet werden oder sind sofort Umschaltungen auf einen anderen, von der Störung nicht betroffenen Sammelschienenabschnitt der Unterstation oder auf das Verbindungskabel zur benachbarten Unterstation durchzuführen. Die Umschaltungen verlängern unnötig die Dauer der Spannungslosigkeit der Abnehmer, falls die Spannung inzwischen wiederkehrt. Außerdem können durch die Umschaltungen auf gesunde Speisegruppen Überlastungen dieser Gruppen eintreten, die sich auf die von ihnen gespeisten Unterstationen störend auswirken. Gleichstromunterwerke und Wechselstromunterstationen mit nicht sehr großer Leistung können als „freizügige Unterstationen" im Falle einer Störung ohne Vorankündigung Umschaltungen nach festgelegter Anweisung vornehmen, während die übrigen Werke als „gebundene Unterstationen" nur auf Anweisung Umschaltungen durchführen dürfen. Die Hauptaufgabe der von der Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité in der Rue de Vienne eingerichteten Lastverteilerstelle besteht darin, in Störungsfällen einzugreifen, um den Umfang einer Störung für das 12 kV-Netz und die davon abhängigen Netze auf das geringstmögliche Maß zu beschränken. Die Tätigkeit des Lastverteilers beginnt bei den Sammelschienen der Speisequellen. Sie erstreckt sich nicht auf Erzeugung und Umspannung in den Kraftquellen. Bei einer Störung in der Versorgung der Unterstationen wird der Lastverteiler von der betroffenen Speisequelle aus über Umfang und voraussichtliche Dauer der Störung unterrichtet. Ist die umgehende Wiederaufnahme der Stromversorgung zu erwarten, werden die „gebundenen" Unterstationen vom Lastverteiler aufgefordert, die Rückkehr der Spannung abzuwarten. Die „freizügigen" Unterstationen verschieben sofort ihre Belastung auf die gesunden Sammelschienenabschnitte, während der Lastverteiler die hierfür vermehrt in Anspruch genommenen Speisequellen über die ungefähre Höhe der zu gewährenden Unterstützung unterrichtet. Die Unterstationen haben rückwärts den Lastverteiler über die eingetretenen Vorgänge zu informieren. Ist eine längere Dauer der Störung zu erwarten, so fordert der Lastverteiler die „gebundenen" Unterstationen auf, die vorgesehenen Umschaltungen auf die von der Störung nicht betroffenen Sammelschienenabschnitte oder auf die Verbindungskabel zu den Nachbar-Unterstationen vorzunehmen, nachdem er sich vorher vergewissert hat, daß genügend hohe Umspanner- und Generatorenleistung in den für die Unterstützung einzusetzenden Speisequellen in Betrieb ist. Sollte der Fall eintreten, daß eine für die Unterstützung vorgesehene Speisequelle die Mehrbelastung nicht aufzunehmen vermag, werden vom Lastverteiler eine oder mehrere Unterstationen aufgefordert, mit der Zuschaltung zu warten oder die Unterstationen erhalten Sonderanweisungen für die Durchführung von ihrer Vorschrift abweichender Umschaltungen. Nach Beendigung der Störung gibt der Lastverteiler die Anweisungen für die vorzunehmenden Schaltungen zur Wiederherstellung des normalen Betriebszustandes. Bei Überlastung oder bei plötzlich notwendig werdender Entlastung einer oder mehrerer Gruppen einer Speisequelle bestimmt der Lastverteiler die Unterstationen, die nach seinen Weisungen Umschaltungen durchzuführen haben.

Neben diesen Aufgaben, die sich auf das Eingreifen des Lastverteilers in Störungsfällen beziehen, hat der Lastverteiler auch darüber zu wachen, daß Außerbetriebsetzungen von Betriebsmitteln zur Durchführung von Unterhaltungs-, Instandsetzungs- oder Umbauarbeiten nicht willkürlich erfolgen und dadurch die Sicherheit der Stromversorgung des 12 kV-Netzes beeinträchtigen.

Die dauernde Überwachung des Netzes gestattet dem Lastverteiler festzustellen, ob der Betrieb der der Compagnie

parisienne de Distribution d'Electricité gehörenden Speisequellen Nation und Tolbiac und der Speisekabel den gegebenen Richtlinien entspricht.

Das Hauptwerkzeug des Lastverteilers ist ein Telephonnetz (réseau de sécurité). Sämtliche Unterstationen, die vier Speisequellen und die Lastverteilungsstelle Messine sind mit dem Lastverteiler Vienne der Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité über zwei auf verschiedenen Wegen verlegten Leitungen verbunden. Ferner bestehen unmittelbare Verbindungen mit dem Lastverteiler Saint-Denis, den Umspannwerken Charenton und Villejuif, der Überwachungsstelle der öffentlichen Beleuchtung, dem Abnehmerdienst und der Netzwache. Jede Telephonleitung führt zu einem für drei Stellungen vorgesehenen Schlüssel des von Hand zu betätigenden Telephonpultes und endigt dann auf einem Wähler, der durch Wahl einer zweistelligen Zahl jedes Gespräch vermittelt. Mit Hilfe der Schlüssel auf dem Telephonpult können mehrere Stationen und durch einen Generalschlüssel sämtliche Stationen gleichzeitig angerufen werden. Der Anruf für den Lastverteiler erfolgt durch die Wahl der Ziffer 1. Vor den Telephonpulten ist eine größere Tafel mit einer schematischen Darstellung des Netzes aufgestellt. Der Schaltzustand des Netzes wird von Hand durch Einstecken von verschiedenfarbigen Kennmarken deutlich gemacht. Registrierende Leistungsmesser unterrichten den Lastverteiler über die von den Speisequellen nach den Unterwerken und Schaltstationen fließende Energie. Ein registrierender Frequenzmesser und zwei registrierende Spannungsmesser vervollständigen die Meßeinrichtungen.

In einem Kellergeschoß des Gebäudes befindet sich eine Ausweich-Lastverteilerstelle, die die gleiche technische Einrichtung wie die Hauptlastverteilerstelle besitzt und in einfacher Weise durch Betätigung einiger Umschalter in Betrieb genommen werden kann. *chl.*

DK 621.316.015.34.001.24

Neue Differentialgleichungen für die Theorie der Starkstrom-Fernleitungen. [Nach S. Hayashi, Electrotechn. J., Tokio 2 (1938) S. 135; 7 S., 11 Abb.]

Der Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, die mathematische Leitungstheorie in bessere Übereinstimmung zu bringen mit den neueren experimentellen Beobachtungen an rasch verlaufenden Wanderwellen. Drei Erscheinungen an Stoßwellen konnten durch die „klassische" Theorie (Telegraphengleichung) nicht erklärt werden:

1. ihre unverhältnismäßig starke Dämpfung,
2. die völlige Auslöschung des Spannungssprunges an der Wellenstirn bei größeren Laufwegen und
3. die stärkere Dämpfung von Stoßwellen mit kurzem „Schwanz".

Von den drei an sich bekannten Erklärungen hierfür

a) den Koronaverlusten,
b) dem Skineffekt,
c) den Strahlungsverlusten

werden b) und c) zur Grundlage einiger rechnerischer Näherungsverfahren gemacht. Zunächst wird die bekannte Kettenleiter-Ersatzschaltung der Leitung (Längswiderstand = Drossel + Widerstand, Querleitwert = Kapazität + Ableitung) durch verwickeltere Kombinationen von ohmschen, induktiven und kapazitiven Widerständen ersetzt, durch die der Skineffekt, sowie auch der Einfluß des Erdwiderstandes in Rechnung gesetzt werden. Die Berechnung eines Stoßvorganges an einem solchen Gebilde (mit Hilfe der Laplacetransformation = Heavisidecalcül) liefert eine hinreichende Erklärung für 1. Zur Erklärung von 2. und 3. wird in der üblichen Kettenleiterschaltung der Längswiderstand durch einen frequenzabhängigen Widerstandswert ersetzt (der sich auf Grund der bekannten Berechnung des Skineffektes in zylindrischen Leitern als Quotient zweier Bessel-Funktionen darstellt), während die Längsinduktivität unter Vernachlässigung der magnetischen Energie im Leiter bestimmt wird. Die Berechnung eines Stoßvorganges (mit Hilfe der Laplacetransformation und halbkonvergenter Reihen) ergibt befriedigende Übereinstimmung mit 2. und 3. In einem dritten Näherungsverfahren werden die Strahlungsverluste durch Einfügen eines quadratischen Gliedes in die Telegraphengleichung berücksichtigt; ein Stoßvorgang wird durch sogenannte schrittweise Näherung berechnet; das Ergebnis ist ein Beitrag zur Erklärung von 1. — Die Arbeit ist ein Auszug aus einer größeren Originalarbeit; nähere Einzelheiten des Rechnungsganges fehlen. *Mgr.*

Elektrische Maschinen.

DK 621.314.222.042.5

Transformator mit Wickelkern. [Nach E. D. Treanor, Gen. electr. Rev. 41 (1938) S. 361; 5 S., 18 Abb.]

Für kleine einphasige Verteilungstransformatoren bis zu 5 kVA Leistung und einer Oberspannung von 7620 V ist eine neue Kernform entwickelt worden, die die Mängel der bisher verwendeten, aus einer sehr großen Zahl von Einzelblechen hergestellten Eisenkerne vermeidet. Der neue Kern wird aus einem endlosen Eisenband in Kreisringform gewickelt. Die Drahtwindungen werden jedoch nicht nachträglich auf dem Kern aufgebracht, vielmehr wird das Eisenband durch die fertige Wicklung hindurchgefädelt. Hierfür ist eine Vorrichtung geschaffen worden, die diese zunächst schwierig erscheinende Arbeit mit großer Geschwindigkeit ausführt. Bei Anwendung von rechteckigen Spulen mit zwei Wickelkernen läßt sich, wie Abb. 5 zeigt, eine gedrängte Bauform erzielen. Der

Abb. 5. Einphasentransformator mit Wickelkern.

Fluß im Wickelkern folgt durchweg der Walzrichtung des Eisenbandes und hat nur eine einzige Überlappungsstelle zu überwinden. Da diese eine große Flächenausdehnung besitzt, ist der magnetische Widerstand des Wickelkernes besonders niedrig. Die aus vorstehendem sich ergebende Verminderung des Eisenverlustes und Magnetisierungsstromes läßt sich noch steigern, wenn kaltgewalztes Eisenband mit geringem Siliziumgehalt verwendet wird, da dieses in der Walzrichtung bessere magnetische Eigenschaften besitzt als hochsiliziertes warmgewalztes Blech. Als weitere Vorteile des Wickelkernes werden die Vermeidung jeglichen Blechabfalles und die Herabsetzung der Herstellungskosten für den Kern genannt. *R. K.*

Geräte und Stromrichter.

DK 621.316.718.5

Ein Drehzahlregler für hohe Anforderungen. [Nach J. Huber und E. Meisterknecht, Siemens-Z. 18 (1938), S. 430; 2½ S., 4 Abb.]

Der in der vorliegenden Arbeit behandelte Drehzahlregler wurde mit Rücksicht auf die besonderen Verhältnisse von Fernbedienungsanlagen entwickelt[1]), bei der verschiedene Frequenzen zur Vornahme von Umschaltungen in das Netz geschickt werden. Ein Regler muß hier die jeweils eingestellte Frequenz und Drehzahl in jahrelangem Betrieb genau einhalten und ferner auch größere durch Laständerungen im Netz verursachte Drehzahlabweichungen schnellstens ausgleichen. Grundsätzlich handelt es sich bei der Regelung darum, die Erregung des Steuergenerators in einer Leonard-Schaltung so zu beeinflussen, daß der zugehörige Gleichstrom-Generator und der mit diesem gekuppelte Tonfrequenz-Drehstrom-Generator die gewünschte Umdrehungszahl einhält. Der

[1]) Siemens-Z. 16 (1936) S. 101.

Regler enthält zunächst eine Brückenschaltung. In dieser wird die von einem auf der Welle des Tonfrequenz-Drehstrom-Generators sitzenden Hilfsfrequenz-Generator erzeugte Hilfsfrequenz mit der Resonanzfrequenz eines Schwingungskreises verglichen, in dem die jeweils gewünschte Drehzahl durch das Einschalten von Kondensatoren eingestellt wird. Die beiden Brückenzweige speisen (Abb. 6) einen Differential-Transformator, der eine Spannung abgibt, wenn die Brücke verstimmt ist, wenn also die Hilfsfrequenz mit der Eigenfrequenz des Schwingungskreises nicht übereinstimmt. Da sich die Abweichung lediglich auf die Höhe der Spannung auswirkt, muß noch ein Glied hinzugefügt werden, das eine Unterscheidung ermöglicht, ob die gegenwärtige Drehzahl zu hoch oder zu niedrig ist. Dazu dient eine Schaltung, welche die Phasenlage der Spannung mit heranzieht, nämlich die Gleichrichter-Brückenschaltung nach C. H. Walter[1]). Diese Gleichrichter-

a Frequenzbrücke b Hilfsgenerator c Gleichrichterbrücke d Relais-Wechselrichter

Abb. 6. Vereinfachte Schaltung des Reglersystems.

anordnung ist ein phasenempfindlicher Indikator für Wechselspannungen, der eine Komponente nach Phase und Richtung zur Anzeige bringt. Wie in der Originalarbeit auseinandergesetzt, wird die im Differential-Transformator erzeugte Spannung in dem einen Zweig der Brücke geschwächt und im anderen verstärkt oder umgekehrt. Um eine hohe Empfindlichkeit der Anordnung zu erzielen, sind die Spannungen U_{Br} und U_h über Hochvakuumröhren in üblicher Verstärkerschaltung in die Gleichrichterbrücke eingeführt. Der Unterschied zwischen den Gleichströmen der Gleichrichterbrücke wirkt über ein Steuerrelais auf die Erregung des Gleichstrom-Generators. Das Steuerrelais wird von einer Wechselspannung kleiner Frequenz gespeist, durch die es im Takte der Frequenz wechselnd umgelegt wird. Ferner wirken auf das Steuerrelais die Gleichstromunterschiede der Gleichrichterbrücke. Durch die Einwirkung der Gleichströme wird das Verhältnis der Umlegezeiten innerhalb einer Periode entsprechend der Drehzahlabweichung geändert. Dadurch wird je nach Richtung des Gleichstromunterschieds der Mittelwert des Erregerstromes größer oder kleiner. Das Steuerrelais überbrückt bei der einen Kontaktlage einen Reihenwiderstand im Erregerkreis und schaltet in der anderen Kontaktlage einen Widerstand parallel zur Erregerwicklung, so daß der Erregerstrom abwechselnd einem großen und einem kleinen Endwert zustrebt und sich auf einen Mittelwert einstellt. Ein in der Originalarbeit abgedrucktes Oszillogramm zeigt den Drehzahlverlauf bei einem Laststoß von Leerlauf auf Vollast. Man ersieht daraus, daß die Drehzahl bereits nach 1,1 s auf 5 ‰ eingeregelt und der Regelvorgang nach 2,2 s beendet ist. Bei Laständerungen wird der durch das Regelsystem bedingte kleine Restfehler durch einen Regelwiderstand mit Motorantrieb nachträglich ausgeregelt. *Jkl.*

DK 621.316.717.001.2

Der Zusammenhang zwischen Anlaßzahl und Anlaßhäufigkeit. [Nach L. Wagner, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 489; 2½ S., 6 Abb.]

Nach den VDE 0650 U/1937 „Umstellvorschriften für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten" wird ein elektrischer Anlasser durch die Anlaßzahl z und die Anlaßhäufigkeit h gekennzeichnet. Dabei ist z die Zahl der hintereinander mit je einer Pause von 2 mal Anlaßzeit folgenden Anlaßvorgänge bis zum Erreichen der Endtemperatur. h ist die Zahl der stündlich in gleichmäßigen Abständen dauernd zulässigen Anlaßvorgänge. Der Verfasser weist nach, daß unter Zugrundelegung der logarithmischen Erwärmungstheorie zwischen Anlaßzahl z und Anlaßhäufigkeit h die Beziehung besteht

$$h = \frac{\frac{3600}{T}}{\frac{3\,t}{T} + \lg\left(\frac{1-a^z}{1-a^{(z-1)}}\right)}.$$

Dabei ist

T die thermische Zeitkonstante des Anlassers,
t die Einschaltzeit eines Anlaßvorganges und
$a = e^{-3\,t/T}$.

Wenn man für den Temperaturanstieg bis zur maximal zulässigen Erwärmung geradlinigen Verlauf annimmt, dann vereinfacht sich obige Gleichung, und man erhält

$$h = \frac{\frac{3600}{T}}{\frac{t}{T} + \lg\left(\frac{z}{z-1}\right)}.$$

Der Fehler gegenüber der genauen Formel ist bei thermischen Zeitkonstanten $T = 1000$ s vernachlässigbar klein.

Nur wenn das Verhältnis t/T und die Anlaßzahl z größer werden, wird der Fehler größer. So beträgt er z. B. bei $t/T = 0{,}1$ und $z = 4$ + 20,5%, d. h. die zulässige Anlaßhäufigkeit h ist 20,5% größer, als es die vereinfachte Gleichung ergibt. *Ttl.*

DK 621.385 : .396.71

Bau, Prüfung und Betrieb von Großleistungsröhren. [Nach J. Bell, J. W. Davies u. B. S. Gossling, J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938) S. 176; 32 S., 22 Abb.]

Bell, Davies und Gossling berichten über Erfahrungen, die in England an wassergekühlten Großleistungsröhren gesammelt sind (größte Röhre CAT 19 mit $U_h = 31{,}5$ V; $I_h = 660$ A, Emission 165 A — die größte deutsche Röhre Telefunken RS 300 hat $U_h = 18$ V; $I_h = 1800$ A, Emission 200 A). Als wesentlicher Punkt beim Bau der Röhre wird die Beachtung der verschiedenartigen Ausdehnung der einzelnen Teile beim Erwärmen bezeichnet. Die Glaskappe besteht aus einem Kali-Natron-Blei-Glas mit 30% Blei. Die Anoden sind 5 bis 8 mm starke Kupferzylinder mit eingedrehten Rillen. Die Verschmelzung der Anode mit der Glaskappe erfolgt an einem angelöteten Eisen-Nickel-Ring (verkupfert und boriert). Die Kathodeneinschmelzung ist ähnlich ausgeführt und gegebenenfalls luft- oder wassergekühlt. Die Kathode ist freihängend ausgeführt und besteht aus einer Anzahl geeignet zusammengeschalteter Wolframdrahtschleifen. Die größte Type CAT 19 hat eine Kathode, die aus 24 Schenkeln (Wolframdraht 1,15 mm) besteht, alle in einem Abstand von 9 mm vom Gitter. Äquipotentialstellen sind durch dünne Querverbindungen miteinander verbunden. Die Anode nimmt bei Vollast eine Temperatur von 130° C an. In harten, wassergekühlten Großleistungsröhren entspricht der Vakuumfaktor nicht dem Restgasgehalt der Röhre, sondern enthält ein Glied, das einem vom Gitter abfließenden Elektronenstrom entspricht, der durch die von der Anode ausgehenden Kupfer-Röntgenstrahlen ausgelöst wird. Dies folgt daraus, daß der Vakuumfaktor unter einen Grenzwert sich nicht absenken läßt, daß dieser Grenzwert unter sonst gleichen Versuchsbedingungen in Röhren mit größeren Anodendurchmessern kleiner ist, daß er in Röhren mit Molybdängittern nur 70% des Wertes in Röhren mit Wolframgittern ausmacht und schließlich daraus, daß der Vakuumfaktor mit wachsender Anodenspannung wächst. Orientierende Versuche beweisen die Richtigkeit dieser Anschauung. Die Fangstoffwirkung der gut entgasten Metallteile (Anodenzylinder usw.) ist in den Wasserkühlröhren so groß, daß von der Verwendung besonderer Fangstoffe abgesehen werden kann. Die lineare Abhängigkeit des Logarithmus des Sättigungsstromes vom reziproken Heizstrom oder noch genauer von der reziproken relativen Kathodentemperatur ermöglicht eine Bestimmung des Sättigungsstromes aus Messungen an unterheizten Kathoden und damit zugleich eine Bestimmung der für den Betrieb der Röhren erforderlichen Werte von Heizspannung und Heizstrom. Die Streuung dieser Werte wird auf die ungleichmäßige Beschaffenheit der Oberfläche des Wolframdrahtes (Schwankungen des Strahlungsvermögen) zurückgeführt. Die Abweichungen des Kennlinienverlaufs von der Parabel der Ordnung 3/2 werden durch die Einwirkung der gekühlten

[1]) C. H. Walter, Z. techn. Phys. 13 (1932) S. 436.

Enden der Kathode, des Magnetfeldes des Heizstromes, der Inselbildung und der Emissionssteigerung durch hohe Felder erklärt. Der bei positiver Gitterspannung zum Gitter fließende Elektronenstrom verhält sich zum gesamten Raumladestrom wie die Gitterspannung zur Anodenspannung. Auch das Magnetfeld des Kathodenheizstromes beeinflußt den Gitterstrom. Die Sekundärelektronenemission vom Gitter läßt sich durch Wahl eines geeigneten Werkstoffes (Tantal oder Kohleüberzug) verringern. Besonders wirksam erweist sich hierfür ferner eine geschlossene Ausbildung des Gitters an den den gekühlten Kathodenenden gegenüberliegenden Teilen. Die Vergrößerung des Abstandes Gitter—Anode erschwert das Einsetzen der Röhrenüberschläge und gestattet die Anodenspannung auf 18 bis 20 kV hinaufzusetzen. Vorsichtsmaßnahmen beim Einschalten des Kathodenheizstromes und beim Anlegen der Anodenspannung sind erforderlich. Die Lebensdauer der Wasserkühlröhren wird durch die Verdampfung des Kathodenwerkstoffes, des Wolfram, begrenzt. Die in den Sendern erzielten Lebensdauern stimmen gut mit den auf Grund der Messungen von Reimann (Messungen der Verdampfungsgeschwindigkeit des Wolfram) berechneten Werten überein, wenn das Durchbrennen bei 10% Querschnittsreduktion eintritt. Hierbei werden die Röhren mit konstanter Spannung gebrannt. Die Lebensdauerstreuung wird wesentlich geringer, wenn die Röhren mit konstanter Emission benutzt werden. — Eine Übersicht über die von M. O. Valve gebauten Wasserkühlröhren beschließt den Aufsatz, der eine lebhafte anschließend abgedruckte Erörterung ausgelöst hat. *Ghs.*

DK 621.316.925

Differentialschutz mit kompensierten Relais und Elektronenrelais. [Nach A. Maret, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 29 (1938) S. 496; 13½ S., 34 Abb.]

Nach einer ausführlichen Einleitung, in der der Verfasser zu dem Schluß kommt, daß der Differentialschutz besondere Vorzüge vor anderen Schutzsystemen besitzt, behandelt er zunächst die Schwierigkeiten, die sich der Anwendung des normalen Differentialschutzes entgegenstellen. Er nennt hier:

a) Das Übersetzungsverhältnis der Transformatoren ändert sich abhängig von der Belastung.
b) Beim Einschalten des Transformators kann der Stoßstrom auf der Primärseite so hohe Werte erreichen, daß der Differentialschutz ansprechen muß.
c) Bei bestimmten Regeltransformatoren kann sich die Phasenlage der Ströme so ändern, daß ein Differenzstrom entsteht.
d) Die Amperewindungen der Stromwandler auf der Primär- und Sekundärseite eines Transformators sind verschieden groß. Infolgedessen sind die Magnetisierungskennlinien der Primär- und Sekundärwandler verschieden. Hierdurch entstehen bei starken Strömen Ausgleichsströme im Differenzstromkreis.
e) Die Belastung der Stromwandler ist häufig verschieden. Auch hierdurch wird ein Differenzstrom hervorgerufen.
f) Bei zweipoligem äußeren Kurzschluß auf der Sekundärseite eines Transformators kann die Spannung der gesunden Phase so hoch ansteigen, daß ein verstärkter Magnetisierungsstrom aufgenommen wird, der wiederum zu Fehlerströmen im Differenzstromkreis Anlaß gibt.

a Kompensationsspulen
b Auslösespulen
I_1 Primärstrom
I_2 Sekundärstrom

Abb. 7. Kompensiertes Differentialrelais.

Zur Abhilfe empfiehlt der Verfasser das „kompensierte Differentialrelais", dessen Schaltung in Abb. 7 wiedergegeben ist. Dieses Relais, das bereits ausführlich von seinem Erfinder McColl beschrieben worden ist[1]), wird insbesondere in England und Amerika unter dem Namen „Prozentsatzrelais" angewandt. Der Verfasser weist nach, daß die unter a) bis f) genannten Schwierigkeiten mit diesem Relais behoben werden können, wobei er allerdings die Einschränkung macht, daß bei starken Kurzschlußströmen infolge der abweichenden Eigenschaften der Primär- und Sekundärwandler (Punkt d) auch dieses Relais fehlerhaft auslösen kann. Dies soll jedoch nur möglich sein, wenn der Durchgangsstrom das 15fache des Nennstromes überschreitet, was bei Transformatoren kaum vorkäme.

[1]) J. Instn. electr. Engrs. 58 (1920) S. 525.

In der dann folgenden Untersuchung einer Variante des kompensierten Relais sowie anderer Differentialschutzsysteme, die zu dem gleichen Zweck entwickelt sind, kommt der Verfasser zu dem Ergebnis, daß diese dem kompensierten Relais unterlegen und den Anforderungen nicht gewachsen seien. (Die für diese Beurteilungen der einzelnen Fälle angegebenen Gründe sind nach Meinung des Berichters z. T. unzutreffend, was im einzelnen nachzuweisen im Rahmen dieses Auszuges nicht möglich ist. Eine Richtigstellung würde zu anderen Urteilen führen).

b Auslösespule
D Leistungsschalter
F Filter
L Dreielektronen-Röhre
R Maximalrelais

Abb. 8. Röhren-Differentialschutz.

Für den Differentialschutz von Leitungen empfiehlt der Verfasser die Anwendung von Elektronenröhren an Stelle von mechanischen Relais in an sich bekannten Schaltungen (Abb. 8). Es wird vorgeschlagen, an Stelle der für den Schutz langer Strecken unbequemen Hilfsleitungen eine Hochfrequenzverbindung treten zu lassen. Damit entspricht die Schaltung derjenigen, die von Fitzgerald[1]) 1927 beschrieben wurde. Gegenüber dieser sind aber die Stromwandleranschlüsse durch Drehfeldscheiderschaltungen verbessert. Als Vorzug der beschriebenen Röhrenschaltungen führt der Verfasser an, daß Spannungswandler entfallen, daß keine Abhängigkeit von anderen Schutzsystemen besteht und schließlich, daß die Schaltzeit 1/10 s unterschreitet. *Schpf.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.4.018.3

Erfordernisse sinusförmigen Spannungsverlaufes für Eisenuntersuchungen. [Nach J. Greig u. J. E. Parton, Engineering 144 (1938) S. 431; 2 S., 6 Abb.]

Die zur Messung der magnetischen Durchlässigkeit und der Eisenverluste erforderlichen Bedingungen sinusförmigen Spannungsverlaufes bzw. die Fehler- und Einflußgrößen bei Abweichungen der Prüfspannung von der Grundwelle werden untersucht. Hierzu diente eine Prüfanordnung mit sinusförmiger Spannungsquelle und einem gemischten Widerstand im Meßkreis, durch dessen Einschalten der Einfluß des Spannungsquellencharakters in einfacher Weise angegeben wird. J. Greig und J. E. Parton untersuchen im einzelnen den Verlustverlauf der einzelnen Teile des Meßkreises und erhalten bei vergleichsweise durchgeführten Messungen mit einem Quadrantelektrometer Übereinstimmung mit den nach der Theorie zu erwartenden Schaulinienverläufen. Aus den bei verschiedenen Eisenring- und Windungsanordnungen erhaltenen Ergebnissen wird versuchsweise ein Berichtigungsglied (nach Art eines Klirrfaktors) zur Berücksichtigung der Oberwelleneinflüsse angegeben, dessen Einführung aber vorwiegend nur für größere Induktionswerte günstig erscheint. Auch vergleichende Untersuchungen an kombinierten Gleich- und Wechselstrommagnetisierungen zeigen den erwarteten Verlauf mit etwas größeren Abweichungen. Die Messungen wurden mit verschiedenen Eisensorten durchgeführt. Nach den Ergebnissen wird nicht empfohlen, einen idealen Verlauf für die Verlustschaulinien mit Formfaktoren einzuführen, da stets über verhältnismäßig weite Bereiche die Verlustwerte von den Kreisbedingungen nur wenig abhängig sind. *Tsch.*

Lichttechnik.

DK 621.327.3 + .44 : 535.736.14

Untersuchungen über die Sehschärfe bei verschiedenfarbigem Licht. [Nach Schober und Wittmann, Licht 8 (1938) S. 199; 2½ S., 3 Abb.]

Vorliegende Untersuchungen verschiedener Verfasser hatten eindeutig ergeben, daß bei gleicher Beleuchtungsstärke die Sehschärfe sowohl bei Licht der Hg-Dampflampe als auch bei Licht der Na-Dampflampe größer ist als bei Glühlampenlicht. Die quantitative Übereinstimmung der einzelnen Untersuchungsergebnisse war jedoch nicht befriedigend. Schober und Wittmann untersuchten daher die Sehschärfe für die ge-

[1]) Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 46 (1927) S. 22.

nannten Lichtarten im Bereich von ein Lux bis mehreren tausend Lux. Sie fanden, daß oberhalb 4000 Lux die Sehschärfe für alle 3 Lichtarten die gleiche ist. Bei geringeren Beleuchtungsstärken ergibt sich je nach der Höhe der Beleuchtungsstärke eine mehr oder weniger große Überlegenheit der Gasentladungslampen. Durch diese Ergebnisse werden die bei früheren Untersuchungen gefundenen Unterschiede aufgeklärt. Weitere Messungen über die Unterschiedsempfindlichkeit bei verschiedenfarbigem Licht sind beabsichtigt. *M. W.*

Verkehrstechnik.

DK 621.335.4 : 625.2.011.1

Das „Simplex"-Drehgestell. [Nach Engineering 146 (1938) S. 189; 2 S., 7 Abb.]

Das Drehgestell (Abb. 9) läuft in einem elektrischen Triebwagen auf der Schweizer Biel-Meinisberg-Bahn. Der Motor (*a*) ist in der Längsrichtung des Drehgestells angeordnet und treibt mit Kegelrad an jedem Wellenende über ein großes Tellerrad die Achsen an. Bei der Vorderachse erfolgt die Kraftübertragung unmittelbar auf die Achse (*b*), bei der Hinterachse ist zwischen Tellerrad und Achse ein elastischer Federmitnehmerantrieb (*c*) eingeschaltet. Der Motor ersetzt als Hauptbestandteil den sonst üblichen Drehgestellrahmen. Das Motorgehäuse hat nach der Führungsachse zu ein Verlängerungsstück, das mit seinem Ende die Achse in einem breiten Rollenlager umschließt. Dieses Lager wird von zwei Tragjochen (*d*) gehalten, die mit ihrem freien Ende an das Motorgehäuse nachstellbar angelenkt sind, um richtigen Zahneingriff zu sichern. Über und unter den Tragjochen liegen breite Blattfedern, um leichte Unebenheiten des Gleises auszugleichen. Nach der Hinterachse zu liegt an jeder Motorseite ein starkes Tragjoch, die die Achse in Rollenlagern umschließen und deren eines Ende mit dem Motor drehbar und nachstellbar verbunden ist, während auf dem anderen Ende außerhalb der Achse Gehäuse (*e*) mit Spiralfedern stehen, die die Last des Rahmens aufnehmen. Das Motorgehäuse trägt oben in der Mitte den üblichen Drehzapfen. An diesem sind auch die großen seitlichen Federbuchsen (*f*) angeschlossen, die das Gewicht des Wagenkastens aufnehmen.

Aus der Drehgestellanordnung ist die Dreipunktaufhängung des Motors ersichtlich. Der Antrieb der Achsen ist elastisch. Die Adhäsion wird beim Anfahren infolge der Kupplung der Achsen gut ausgenutzt. Die Bremsung wird vereinfacht, da es genügt, einen Radsatz zu bremsen, indem die Verzögerungswirkung zu dem anderen Radsatz durch die Antriebswelle übertragen wird. Eine elektrische Widerstandsbremse vervollständigt die Ausrüstung. Alle Antriebsteile sind staub- und feuchtigkeitssicher eingeschlossen und haben selbsttätige Umlaufschmierung. Die Unterhaltung beschränkt sich auf die Versorgung der Rollenlager mit Fett in gewissen Zeitabständen. Der eingebaute Motor ist 73 kW stark. Die Räder haben 660 mm Dmr. Der Radstand ist 1,5 m, das Gewicht des Drehgestells weniger als 3000kg. *Pge.*

Läuferanschluß
Feldanschluß

a Motor
b Vorderachse
c Hinterachse mit Antrieb
d Tragjoche
e Gehäuse mit Spiralfedern
f Federbuchsen

Abb. 9. Das „Simplex"-Drehgestell.

Elektrowärme.

DK 621.311.16 : 669.04 + 665.4

Elektro-Roheisen- und Benzin-Erzeugung mit Überschußenergieverwertung. [Nach C. Lorenz, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 29 (1938) S. 568; 5 S., 6 Abb.]

Zur elektrischen Erzverhüttung im gedeckten Niederschachtofen stehen der Schweiz zur Verfügung: die Pyritabbrände der Schwefelsäurefabriken mit etwa 60% Eisen, das Gonzenerz mit 52 bis 55% Eisen und das Fricktalerz mit 28 bis 33% Eisen. Die Verhüttung von etwa 126000 t dieser Erze erfordert zur Wärmeerzeugung 140 bis $150 \cdot 10^6$ kWh elektrische Energie und als Reduktionsmittel 18000 bis 20000 t Koks. Die Verhüttung ergibt 48000 t Gießerei- und Hämatit-Roheisen und Abgase in erheblichen Mengen. Die Abgase bestehen aus CO(76%), CO_2(14%), Rest H_2, CH_4, H_2O und N_2. Das CO_2 wird zu CO reduziert, und man erhält ein Gas, das mit 98% CO, H_2, CH_4 und H_2O für die Benzinsynthese geradezu vorherbestimmt scheint.

Ganz allgemein und ohne Verbindlichkeit für die mengenmäßige Verteilung wurde vorerst eine kombinierte Erzverhüttung und Benzinsynthese in Aussicht genommen, wobei die Benzinsynthese einerseits mit den Abgasen der Erzverhüttung und mit Elektrolyt-Wasserstoff, anderseits mit Wassergas oder Koksgas mit zusätzlichem Elektrolyt-Wasserstoff beschickt werden kann.

Dem Studium der Überschußenergieverwertung für Erzverhüttung und Benzinsynthese wird vorerst ein 24stündig durchgehender Betrieb während durchschnittlich 8 Monate jährlich mit rd. 6000 Betriebsstunden zu Grunde gelegt. Aus den durchgeführten Berechnungen kann angenommen werden, daß der vorgeschlagene Roheisen- und Benzin-Erzeugungsplan im Rahmen einer natürlichen Entwicklung des Kraftwerkbaues stets aus Energieüberschüssen erfüllt werden kann. *Kp.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.397.331.2 : 537.533.74

Die Bedeutung des Streuelektronen-Effekts für die Wirkungsweise der Bildabtaströhren. [Nach M. Knoll, Z. techn. Phys. 19 (1938) S. 307; 6 S., 6 Abb.]

Eine durch Bestrahlung mit kleinen Elektronenströmen (Größenordnung 10^{-7} A/cm²) auf einer isolierenden Oberfläche (z. B. Glas, Glimmer oder Al_2O_3) hervorgerufene ungleichmäßige Ladungsverteilung kann durch Zeilenrasterabtastung dieser Oberfläche mit einem scharf gebündelten Elektronenstrahl auf dem Leuchtschirm einer Braunschen Röhre sichtbar gemacht werden (Abb. 10). Der ungleichmäßigen Ladungsverteilung entsprechen verschiedene Gleichgewichtspotentiale der bestrahlten Oberfläche vor und kurz nach der Berührung mit dem Abtaststrahl, deren Differenz das Bildsignal der Ladungsverteilung ergibt. Wird die Ladungsverteilung durch ein von einer beleuchteten Photozellenfläche herrührendes Elektronenbild hervorgerufen, so ist auf diese Weise die fernsehmäßige Übertragung von Bildszenen möglich (Prinzip der hochempfindlichen Bildwandler-Bildabtaströhre).

Die Gleichgewichtspotentiale sind verschieden, wenn die Geschwindigkeit der Bestrahlungselektronen im Gebiet des Sekundäremissionsfaktors > 1, und die der Abtastelektronen im Gebiet des Sekundäremissionsfaktors < 1 liegt oder umgekehrt. Es zeigt sich jedoch, daß auch bei gleicher Geschwindigkeit

beider (Sekundäremissionsfaktor > 1) die Ladungsverteilung der Bestrahlungselektronen deutlich sichtbar wird. Hieraus wird geschlossen, daß die Sichtbarwerdung des Ladungsbildes in erster Linie von Sekundärelektronen des Abtaststrahls („Streuelektronen") herrührt, die wegen ihrer kleinen Geschwindigkeit einen Sekundäremissionsfaktor < 1 haben und vor dem Bildschirm eine Raumladung bilden. Sie legen sich als negativer Ladungsfilm auf die Isolierschicht und ergeben beim Abtasten durch Vernichtung ihrer negativen Ladung einen positiven elektrischen Stoß auf den mit der die Isolierschicht tragenden Metallplatte verbundenen Verstärker. An den dauernd mit Zusatzelektronen („Bildelektronen") bestrahlten Stellen, für die der Sekundäremissionsfaktor stets größer als 1 bleibt, kann sich keine negative Ladung ansammeln und daher bei Abtastung auch keine Signalamplitude entstehen. Die elektronenbestrahlten Stellen erscheinen also im Bild bei geradzahliger Stufenzahl des Verstärkers schwarz auf hellem Grund.

Verstärker
Meßröhre
Braunsche Röhre

1 Metallplatte
2 Isolierschicht
3 Zusatz- bzw. Bildkathodenstrahl
4 Abtastkathodenstrahl
5, 7 je 4 magnetische, synchron von den Ablenkströmen durchflossene Ablenkspulen
6 Elektrode zur Helligkeitssteuerung
8 Leuchtschirm der Braunschen Röhre
9 magnetische Ablenkspulen für den Kathodenstrahl 3
10 Anode der Meßröhre

Abb. 10. Anordnung zur Demonstration des Streuelektroneneffekts und der Wirkungsweise der Bildwandler-Bildabtaströhre.

Die Deutung der beschriebenen Erscheinungen als „Streuelektronen-Effekt" erklärt folgende Beobachtungen: 1. Den im Vergleich zu anderen Bildabtastverfahren geringeren, häufig auch nur in Teilen des Bildes herabgesetzten Kontrastumfang der mit dem normalen Ikonoskop gewonnenen Bilder, 2. die Rücklaufspur des Abtaststrahls beim normalen Ikonoskop, 3. das sogenannte Störsignal des Ikonoskops, bei dem eine statische und eine dynamische Komponente zu unterscheiden sind, 4. die relativ hohe Empfindlichkeit der Bildwandler-Bildabtaströhren auch bei gleicher Geschwindigkeit der Photo- und Abtastelektronen, 5. Zeilenverschiebungs- und Flattereffekte von Hochspannungs-Bildschreibröhren. *Kn.*

DK 621.395.8

Über die Hörbarkeit von Frequenzbandänderungen bei der Übertragung von Sprache. [Nach E. Schäfer, Elektr. Nachr.-Techn. 15 (1938) S. 237; 4 S., 7 Abb.]

Die Frage, wie die Übertragungsgüte von Fernsprechverbindungen zu bewerten ist, konnte noch nicht endgültig gelöst werden. Die Bedenken, die gegen eine Bewertung nur auf Grund der Silbenverständlichkeit sprechen, sind in den letzten Jahren mehr und mehr beachtet worden. Besonders bei den Erörterungen über die Frequenzbanderweiterung wird betont, daß bei Sprachübertragungssystemen auch die Natürlichkeit der wiedergegebenen Sprache zu bewerten sei. Im Zusammenhang mit dieser Frage hat Küpfmüller angeregt, die Schwellwerte der Frequenzbandänderung zu bestimmen, die das Ohr gerade noch wahrnimmt. Hierzu wurde in einem verzerrungsfreien Übertragungssystem der Frequenzbereich auf einer Seite, z. B. oben, beschnitten und die gewählte Grenzfrequenz f_0 während der Sprachübertragung schnell um einen einstellbaren Betrag Δf_0 geändert. Die Größe Δf_0, die bei häufigem Umschalten im Mittel von einer größeren Personenzahl als Schwellwert für die Wahrnehmbarkeit bezeichnet wurde, ist in Abhängigkeit von der Frequenz f_0 aufzutragen. Bei der oberen Begrenzung des Frequenzbandes beträgt für die Werte von f_0 zwischen 1000 und 2000 Hz der Schwellwert durchweg etwa 200 Hz, steigt dann aber an, und zwar auf 650 Hz bei 5000 Hz, auf 950 Hz bei 9000 Hz. Umgekehrt nimmt unterhalb 1000 Hz der Schwellwert weiter ab bis auf etwa 30 Hz bei 115 Hz. Jedoch kommt bei den Versuchen mit einer oberen Übertragungsgrenze von 300 Hz und darunter nur noch so wenig von der Sprache durch das Übertragungssystem, daß man hier nur sehr bedingt von Klangfarbenänderung sprechen kann. Vielmehr achten die Versuchspersonen in solchen Fällen auf die von der Grenzfrequenz abhängige Häufigkeit der Impulse. Insgesamt kann man bei Veränderung der oberen Frequenzbandgrenze über das ganze übertragene Frequenzband der Sprache hin 31 Stufen unterscheiden.

Der entsprechende Versuch mit einer veränderlichen unteren Frequenzbandbegrenzung (bei der Frequenz f_u) ergibt, daß in dem wichtigen Bereich unter 500 Hz die gerade wahrnehmbare Stufenbreite Δf_u rd. 50 Hz ist. Über das ganze Frequenzband kommt man auch für die untere Bandbegrenzung auf etwa 31 Stufen.

Es wird nun vorgeschlagen, die Stufen für die obere und die untere Begrenzung von der Frequenz 1500 Hz an nach oben und unten zu zählen. Man erhält dann 18 Stufen oberhalb 1500 Hz für die obere Bandgrenze und 18 Stufen unterhalb 1500 Hz für die untere Bandgrenze. Das verzerrungsfreie System hat hiernach also 36 Stufen, denen man 100% Natürlichkeit zuordnen kann, wenn man günstigste Verhältnisse annimmt. Der Natürlichkeitsverlust durch Frequenzbandeinengung kann dann proportional dem Verlust an Stufen in % ausgedrückt werden. Es ergibt sich z. B. für einen Übertragungsbereich von 300 bis 3500 Hz ein Natürlichkeitsverlust von 38%. Jedoch führt im allgemeinen der Einfluß der verschiedenartigen Verzerrungen der Übertragungssysteme zu einem weiteren Verlust an Natürlichkeit, ohne daß sich eine entsprechende Verminderung der Stufenzahl ergibt. Unter Umständen kann sich sogar bei Entstehen von Kombinationstönen außerhalb des übertragenen Frequenzbandes der Sprache die Zahl der wahrnehmbaren Stufen erhöhen. Die Stufenzahl ist daher kein allgemeines Maß für die Natürlichkeit, bei deren Beurteilung ja auch Wiedergabelautstärke und Geräusch eine Rolle spielen. Trotzdem kann praktisch die Feststellung der Stufenzahl einen Anhalt für die Beeinträchtigung der Natürlichkeit durch Frequenzbandeinengung geben. Man hat daher z. B. auch für einige Fernsprechapparate den Frequenzstufengehalt in % für die obere und untere Frequenzbandbegrenzung festgestellt. Bei starkem Raumgeräusch geht die Zahl der unterscheidbaren Frequenzstufen erheblich zurück. *Bne.*

Physik.

DK 537.122 : .721.8

Ein neues Verfahren zur Bestimmung der spezifischen Elektronenladung. [Nach A. E. Shaw, Phys. Rev. 54 (1938) S. 193; 16½ S., 11 Abb.]

A. E. Shaw benutzt zur Bestimmung des Verhältnisses der Ladung zur Masse bei Elektronen gekreuzte elektrische und magnetische Felder. Das elektrische Feld wird zwischen den beiden Belegungen eines Zylinderkondensators erzeugt, das magnetische durch zwei Spulen, die den Kondensator koaxial umgeben. Ein von einem Heizdraht ausgehender Elektronenstrom tritt durch einen Spalt tangential in dieses Feld ein. Bei geeigneter Wahl der elektrischen und magnetischen Feldstärke gelingt es, die Elektronenbahn zu einem Kreis zu gestalten, der die innere Belegung des Zylinderkondensators konzentrisch umgibt. Die Benutzung gekreuzter Felder hat, wie die Rechnung zeigt, den Vorteil einer ausgezeichneten Fokussierung. Die Elektronenbahnen, die bei einer geringen Divergenz des eintretenden Strahles entstehen, treffen sich sämtlich in einem Punkt, der 127°17′ von dem Spalt entfernt ist. An dieser Stelle wird daher ein feiner Golddraht als Kommutator im Felde ausgespannt und mit einem Pliotronverstärker verbunden. Das magnetische Feld wird verändert und das Maximum des Galvanometerausschlags des Verstärkers festgestellt. Aus der Kondensatorspannung U, der magnetischen Feldstärke $\mathfrak{H}$, den Zylinderradien r_1, r_2 und dem durch Spalt und Kollektor festgelegten Radius der Elektronenbahn ϱ berechnet sich die spezifische Ladung

$$\frac{e}{m} = \frac{4\,U}{\mathfrak{H}^2\,\varrho^2 \log\operatorname{nat}(r_2/r_1)}\,.$$

Es ist wichtig, daß diese Gleichung die Elektronengeschwindigkeit nicht explizit enthält und daß die Art der Fokussierung jeden möglichen Einfluß dieser Geschwindigkeit ausschaltet. Das Ergebnis der Messungen ist:

$$e/m = (1{,}7571 \pm 0{,}0013) \cdot 10^7 \text{ el. magn. } \mathfrak{H}/g. \qquad Br.$$

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH.

Die Wahl der Spannung bei der Planung von Industrieanlagen.

Von A. L. Müller VDE, Dresden.

DK 621.316.1.027.003.1 : 66/69

Übersicht. Der Einfluß der Spannung auf die Kosten der einzelnen Anlagenteile und Verbraucher elektrischer Arbeit wird in seiner technischen und physikalischen Abhängigkeit untersucht*). Die Abstimmung auf die Anforderungen des Betriebes führt zur Aufteilung elektrischer Anlagen in drei Gruppen, die durch Größe, Betriebsart, Ausdehnung und Energiedichte gekennzeichnet sind.

Die Bedeutung der Frage, mit welcher Spannung eine Industrieanlage auszuführen ist, wird dem planenden Ingenieur besonders dann offenbar, wenn er an die Erweiterung bestehender Anlagen herantritt. Diese Aufgabe wie auch die Planung neuer Anlagen erfordert die Kenntnis zahlreicher Zusammenhänge, die hier zu berücksichtigen sind.

Diese lassen sich in zwei Hauptgruppen unterteilen: die erste behandelt den Preis der einzelnen Anlageteile, die durch die vorliegenden physikalischen und technischen Bedingungen gegeben sind. In der zweiten Gruppe lassen sich die vom Betrieb an diese Anlageteile herangetragenen Forderungen zusammenfassen. Wie immer bei technisch-wirtschaftlichen Fragen gleiten die Grenzen einer solchen Unterteilung, greifen vorliegende Bedingungen und Forderungen ineinander über. Aber ihre Kenntnis gestattet zuletzt sowohl das Abwägen ihrer Wichtigkeit wie das Erfüllen der übergeordneten Forderung. Da der Gleichstrom, der für elektrolytische und galvanische Zwecke heute von größter Bedeutung ist, vorzugsweise unmittelbar an der Stelle des Verbrauchs aus Drehstrom mittels Umformer oder Gleichrichter erzeugt wird, beschränken sich die folgenden Betrachtungen auf Drehstromanlagen.

Preisbildung durch technische Erfordernisse.

Das erste Glied im Rahmen dieser Untersuchung sind die Drehstromkabel bis 30 kV, die in Ausführung und Preis weitgehend genormt sind. Bei einer bestimmten

Abb. 1. Anlagekosten von Kabeln $\left(\frac{\text{RM}}{\text{kVA} \times \text{km}}\right)$.

Leistung, die über eine bestimmte Strecke zu übertragen ist, verhalten sich bei zwei zur Wahl stehenden Spannungen die Querschnitte umgekehrt wie die Quadrate dieser Spannungen, wenn man gleiche Verluste oder gleichen prozentualen Spannungsabfall voraussetzt. Da der Isolationsaufwand für Niederspannungskabel bis 1 kV immer der gleiche ist, spricht diese Tatsache eindeutig für möglichst hohe Niederspannung, etwa 500 (oder 750) V, zumal bei Kabeln großen Querschnitts die spezifische Belastbarkeit (A/mm²) beträchtlich geringer ist als bei kleinen

Abb. 2. Überlastungsfähigkeit von Transformatoren der Hauptreihe.

Querschnitten. Auch die gegenseitige Beeinflussung parallel im gleichen Graben verlegter Kabel zwingt zu einer Herabsetzung der Stromdichte.

Die Anlagekosten von Kabeln lassen sich nach Speidel[1]) am besten vergleichen, wenn sie auf 1 km und 1 kVA bezogen werden. Man erhält dann Kurven wie Abb. 1, deren Ordinatenmaßstab vom Blei-, Aluminium- bzw. Kupferpreis bestimmt wird und für Querschnitte etwa zwischen 50 und 240 mm² gilt. Diese Unabhängigkeit vom Querschnitt ist bedingt durch die höhere spezifische Belastbarkeit dünner Kabel und den Umstand, daß die Erdarbeiten für ein und mehrere Parallelkabel im gleichen Graben praktisch dieselben Aufwendungen erfordern. Die Unterhaltungskosten verlegter Kabel sind unbedeutend, wenn man nicht, wie im Bergbaugebiet, mit häufigen Bodensenkungen zu rechnen hat. Auch die dielektrischen und Ableitungsverluste sind unter etwa 20 kV vernachlässigbar klein. Dagegen sind die Stromwärme-Verlustkosten wohl zu berücksichtigen.

Die Transformatoren, der nächste wichtige Anlageteil, sind, soweit sie der Einheitsreihe angehören, im Preise nur wenig abhängig von der Oberspannung und ganz unabhängig von der Unterspannung. Die Eisenverluste sind beinahe, die Kupferverluste ganz unabhängig von Ober- und Unterspannung. Anschaffungspreis und Jahresverluste sind daher auf die Wahl der Spannung ohne Einfluß. Das gilt auch für die Abschreibung, weil erfahrungsgemäß die Lebensdauer von Transformatoren in den meist verkabelten Industrieanlagen nicht von der gewählten Ober- oder Unterspannung abhängt. Von Bedeutung ist dagegen die in Störungsfällen in Anspruch

*) Nach Vorträgen vor den Jungingenieuren des VDE-Bezirks Berlin-Brandenburg am 17. 6. 1938, vor dem VDE-Bezirk Köln am 16. 12. 1938 und vor dem VDE-Bezirk Dresden am 20. 10. 1938.

[1]) Speidel, Wirtschaftliche Energieverteilung in Drehstrom-Kabelanlagen. München u. Berlin, R. Oldenbourg, 1932.

genommene Überlastungsfähigkeit der Transformatoren, zumal sie im Normalbetrieb nur selten mit ihrer vollen Leistung belastet werden. In Abb. 2 sind die zulässigen Überlastungszeiten über dem Vielfachen der Nennlast für eine Vorbelastung mit 60, 80 und 90 % der Nennleistung aufgetragen. Die erreichte Übertemperatur des Kupfers ist in einem Falle mit 70 ° C, im anderen mit 90 ° C angenommen. In letzterem Fall darf die Raumtemperatur 25 ° C nicht überschreiten und eine solche Überbeanspruchung nur selten vorkommen, da mit einer so starken Erwärmung eine Verschlechterung der Isolation im Transformator verbunden sein kann.

Bei sehr starken Schwankungen der Belastung in einem Betriebe kann die Aufteilung der erforderlichen Leistung auf mehrere Transformatoren von Vorteil sein, weil sich die erzielbaren Ersparnisse an Leerlaufverlusten durch zeitweises Abschalten eines Umspanners bei Zurückgehen der Belastung günstig auswirken, obwohl sie wesentlich weniger als proportional mit der Nennleistung herabgehen und der Transformatorenpreis je kVA immer höher wird, je kleiner die Umspannernennleistung ist. Bei der Prüfung dieser Fragen sind auch die Kosten für zusätzliche Schaltgeräte und für den größeren Raumbedarf zu berücksichtigen. Um die letzteren einzusparen, stellt man heute häufig die Transformatoren im Freien auf. Für die Kapselung der Anschlüsse erhöht sich dann der Anschaffungspreis des Transformators um 5 bis 10 %.

Abb. 3. Abhängigkeit der Schaltleistung von der Spannung bei öllosen Schaltern.

Die zu den Transformatorenstationen gehörigen Hochspannungsschaltgeräte sind im Preise weniger von der Spannung als vom Nennstrom und der Kurzschlußleistung bestimmt. Diese beträgt in Industrieanlagen meist 100 bis 200 MVA, kann jedoch in großen Anlagen, die im Verbundbetriebe fahren, auch bis 600 MVA betragen. Bis 30 kV gelten die in Abb. 3 für öllose Schalter gezeigten Zusammenhänge zwischen Abschaltleistung und Betriebsspannung. Auch die Kastenölschalter folgen ähnlichen Gesetzen, wie die Abb. 3 erkennen läßt. Der Einfluß der Spannung ist am stärksten ausgeprägt bei Schaltern der Reihe 10, die in Industrieanlagen am häufigsten vorkommen. Die Abnahme der Schaltleistung zeigt in Verbindung mit Abb. 4 deutlich, zu welcher Erhöhung der Anschaffungskosten die Wahl einer Spannung von 5 oder besonders 3 kV gegenüber 6 und 10 kV zwingt.

Die auf der Niederspannungsseite der Transformatoren als Überlastungsschutz vorgesehenen Selbstschalter zeigen ein ähnliches Verhalten, wie Abb. 5 links erkennen läßt, in der für Schalter verschiedener Nennstromstärken über der Betriebsspannung die zulässigen Kurzschlußströme aufgetragen sind. Rechts ist gezeigt, in welch starkem Maße die größere Betriebsspannung den erforderlichen Abstand geerdeter Teile über den Lichtbogenfußpunkten vergrößert. Hier wird auch deutlich, daß der Übergang auf 750 V, den die für 1 kV bemessene Kabelisolation und die Einsparungsmöglichkeit am Kabelquerschnitt als wünschenswert erscheinen läßt, auf beachtliche Schwierigkeiten stößt. Diese bestehen nicht nur für die betrachteten schweren Schalter großer Unterbrechungsleistung, sondern weit mehr noch für die Unzahl von kleinen Motorschutzschaltern, die beim Übergang auf 750 V gegenüber der gebräuchlichen Grenzspannung von 500 V laut VDE-Vorschrift[2] mit doppelten Ab-

Abb. 4. Preise von öllosen Schaltern verschiedener Leistung.

ständen gebaut werden müßten. Die Preise von Selbstschaltern bei gleicher Transformatorenleistung zeigen beim Übergang von 220 auf 380 V beträchtliche Sprünge, während zwischen 380 und 500 V die Unterschiede bedeutungslos werden. Sie sind bedingt durch die Stufung der Nennstromstärken.

Auch die Sicherungen für Niederspannung gehorchen ähnlichen Gesetzmäßigkeiten: Bei höherer Betriebsspannung wird der zulässige Abschaltstrom kleiner; für große Kurzschlußströme sind entsprechend den konstruktiven Aufwendungen die Preise ganz beträchtlich höher als bei Normalausführung. Das gilt besonders für „träge" und „selektive" Patronen, während „flinke" Sicherungen zwar sehr hohe Kurzschlußströme bewältigen, wegen der Steilheit ihrer Schmelzkennlinien aber einen einwandfrei gestaffelten Schutz nicht gewährleisten und daher in vermaschten Netzen im allgemeinen ungeeignet sind. Aus diesen Gründen gewinnt bei Schaltern und Sicherungen die Begrenzung der Kurzschlußströme die gleiche technische und wirtschaftliche Bedeutung.

Der Kurzschlußschutz ist auch dann den Sicherungen zugewiesen, wenn sie Motorschutzschaltern kleiner Nennstromstärke vorgeschaltet sind, die meist nur Abschaltströme bis 1000 oder 2000 A bewältigen. Diese Schalter werden allgemein für Spannungen bis 500 V gebaut, abgesehen von einigen Kleinselbstschaltern, die nur bis 380 V verwendbar sind. Auch durch die Kapselung in

Abb. 5. Schaltvermögen von Niederspannungs-Selbstschaltern.

Gußgehäusen (vgl. Abb. 5 rechts) wird die Eignung für 500 V nicht beeinträchtigt. Das gleiche gilt für die zugehörigen Steuergeräte. Lichtschalter dagegen sind durchweg für eine Spannung von 250 V gegen Erde genormt.

Diese Einheitlichkeit lassen Leitungen vermissen: Während Niederspannungskabel für alle Spannungen bis

[2] VDE 0660.

1000 V verwendbar sind, werden die in Rohr verlegten Leitungen zwar noch für 750 V, kabelähnliche Leitungen jedoch nur für 300 V gegen Erde zugelassen. Damit sind diese gerade in Industrieanlagen so gebräuchlichen Leitungen für Spannungen über 380 V nicht mehr verwendbar, wenn der Nullpunkt nicht geerdet ist. Aber noch ein weiterer Grund spricht hier für die Wahl von 380 V. Der zum Anschluß von Motoren gewählte Querschnitt ist aus

Abb. 6. Gebräuchliche Spannungs-Leistungsgrenzen von Drehstrommotoren.

mechanischen Gründen selten kleiner als 2,5 mm² Cu. Dieser Querschnitt erlaubt eine Dauerbelastung mit 20 A, woraus folgt, daß der Übergang von 380 auf 500 V überall dort keine Ersparnisse an Leitungen mehr bringen kann, wo es sich um Motoren mit weniger als etwa 10 kW Leistung handelt.

Die Untersuchung wendet sich jetzt den Verbrauchern elektrischer Energie zu, unter denen in den meisten Anlagen die Motoren wenigstens an Leistungsbedarf überwiegen. Der Einfluß der Spannung wirkt sich besonders bei der Isolierung der Wicklung in der Nut aus, wo bei höheren Spannungen der Füllfaktor immer ungünstiger wird, so daß ein enger Zusammenhang zwischen Motorenleistung und Betriebsspannung besteht, der durch Abb. 6 in einigen Beispielen dargestellt wird. Abb. 7 läßt erkennen, wie der durch die stärkere und teurere Isolation des Hochspannungsmotors erzwungene Übergang zu größeren Eisenmodellen sich auf den Preis auswirkt. Trotz des höheren Preises des Hochspannungsmotors und seines Schalters wird er bei Leistungen über etwa 100 kW wegen der an Kabeln und gegebenenfalls Transformatoren erreichbaren Ersparnisse meist wirtschaftlicher als der Motor für Niederspannung, der zwischen 200 und 500 V keine Preisunterschiede bedingt.

Abb. 7. Preisabhängigkeit der Drehstrommotoren von der Spannung.

Auch bei den Elektroöfen bestimmt die Leistung sehr stark die Wahl der Spannung: Die in Abb. 8 links und rechts dargestellten Ofenarten werden bei großer Leistung über eigene Transformatoren, bei kleiner Leistung (unter etwa 100 kW) unmittelbar aus dem Kraftnetz gespeist. Die beiden in der Mitte gezeichneten Lichtbogenöfen erhalten ihre Energie über besondere Transformatoren aus dem Hochspannungsnetz. Auch elektrische Dampfkessel arbeiten je nach Bauart und Leistung mit verschiedener Spannung zwischen 200 und 20 000 V.

In der Praxis weniger beachtet ist der Einfluß der Spannung bei den Glühlampen, obwohl ihre Lichtausbeute, Lebensdauer und Unempfindlichkeit gegen Erschütterungen bei Kleinspannung größer sind als bei den gebräuchlichen Spannungen 125 und 220 V. In 500 V-Netzen ist es daher zu empfehlen, die Werkplatzbeleuchtung mit 42 V-Lampen zu planen, während die Allgemeinbeleuchtung für 220 V vorgesehen wird.

Anforderungen des Betriebes.

Die Spannungsnormung laut VDE 0176 strebt an, daß statt der bis einschließlich 30 kV heute gebräuchlichen elf Drehstromspannungen nur noch fünf verwendet werden sollen. Daß mit den genormten Spannungen 220, 380, 6000, 15 000, 30 000 V auszukommen ist, zeigt die Erfahrung in Betrieben, die sich auf diese Spannungen beschränkt haben. Diesen Normungsbestrebungen kann man am besten gerecht werden, wenn es sich um die Planung neuer Anlagen handelt. Hier ist die Entscheidung dann am einfachsten, wenn der Betrieb für irgendwelche Zwecke Dampf benötigt: Die Entnahmedampfturbine mit direkt oder über Getriebe gekuppeltem Drehstromgenerator gewährleistet die wirtschaftlichste Stromerzeugung. Die Wahl der Generatorspannung ist bestimmt durch die räumliche Ausdehnung des Betriebes und seine Energiedichte (W/m²). Die heute gebräuchlichen Leistungsspannungsbereiche für Turbogeneratoren zeigt Abb. 9. Im Gegensatz zu den Motoren erfordert hier der Übergang zur Hochspannung keinen Mehrpreis, da die Preisbildung für Turbogeneratoren außer Festwerten lediglich die Leistung berücksichtigt.

Abb. 8. Arbeitsweise verschiedener Elektroöfen.

Bei reinem Fremdbezug steht der Planung die Wahl der Hochspannung nur sehr selten frei; man ist auf die gerade vorhandene Spannung des speisenden Netzes angewiesen. Wenn die Übergabestation irgendwo am Rande des vielleicht auch räumlich recht ausgedehnten Betriebsgeländes liegt, ist es verlockend, sich für die Verbraucherspannung von 500 V zu entscheiden, obwohl andere Gesichtspunkte für 380 V sprechen. Hier gilt es vor allem, spätere Erweiterungen zu berücksichtigen, die nicht nur räumlich, sondern auch in bezug auf Energiedichte erforderlich werden und für ein eigenes Hochspannungsnetz sprechen, besonders wenn Hochspannungsmotoren anzuschließen sind. Wenn mit 15 000 oder 30 000 V eingespeist wird, so können hohe Energiedichte, die Gegenwart von Hochspannungsmotoren und ihre Entfernung von anderen Verbraucherschwerpunkten die Wahl einer Zwischenspannung von 6000 V befürworten, mit der die Energie möglichst nahe an den letzten Verbraucher herangebracht wird.

Damit ist bereits angedeutet, wie groß die Bedeutung der Netzform ist, für die man sich entscheidet. Das früher fast ausschließlich gebaute Strahlennetz wurde zugunsten des Ringnetzes und in neuerer Zeit des vermaschten Netzes aufgegeben. Diese letzte Netzform gewährleistet bei Energiedichten über etwa 5 bis 8 W/m² neben höchster Wirtschaftlichkeit, Erweiterungsfähigkeit

und günstigster Spannungshaltung auch für die Wahl der Spannung den weitesten Spielraum, da hier die Wege für den niedergespannten Strom am kürzesten werden. Auch an Betriebssicherheit ist das vermaschte Netz wegen seiner vielen selektiv geschützten Stromwege allen anderen Ausführungen überlegen und damit die Netzform für alle Betriebe, die gegen einen Ausfall der Energiezufuhr besonders empfindlich sind. Das ist vor allem bei chemischen und thermischen Prozessen der Fall, wo man außerdem Dieselnotstromsätze aufstellt, die bei Ausbleiben der Netzspannung selbsttätig in wenigen Sekunden hochlaufen. Man beschränkt sich hier und erst recht in anderen Anlagen auf lebenswichtige Betriebsteile, z. B. Wasserhaltung und Allgemeinbeleuchtung.

Abb. 9. Gebräuchliche Spannungs-Leistungsbereiche von Turbogeneratoren.

Eine besonders wichtige Rolle für die Betriebssicherheit und die Wahl der Spannung spielen die Kurzschlußleistungen. Die in großen Anlagen möglicherweise auftretenden Kurzschlußströme haben z. B. die früher so gebräuchliche Oberspannung von 3 kV zugunsten von 6 kV mehr und mehr verschwinden lassen, wenngleich hierbei auch die für Kabelquerschnitte und Hochspannungsschalter oben gemachten Angaben von Einfluß waren. Auch der Übergang zur Dreispannungsversorgung mit 380 bzw. 500, 6000 und 30 000 V entstammt diesen Überlegungen. Zur Kurzschlußdämpfung dienen auf der Hochspannungsseite Drosselspulen, auf der Niederspannungsseite begnügt man sich mit der Dämpfung, die durch die natürlichen Widerstände von Transformatoren und Kabeln gegeben sind. Daß die spezifische Dämpfung des Kurzschlußstromes bei kleiner Spannung intensiver ist als bei größerer, zeigt Abb. 10, in der der Kurzschlußstrom eines 1000 kVA-Transformators ($e_k = 4\,\%$) über der Entfernung der Kurzschlußstelle von diesem aufgetragen ist. Dabei ist jeder Spannung der zur Führung des Nennstromes erforderliche Querschnitt zugeordnet. Die Abszisse zeigt zwei Maßstäbe und läßt in Verbindung mit den eingezeichneten Kurven erkennen, daß blanke Schienen etwa fünfundzwanzigmal stärker dämpfen als Kabel. Die gleiche Wirkung wie jene haben nichtarmierte Einleiterkabel, die in Betonröhren verlegt werden und sich dort sehr gut einfügen lassen, wo der Transformator im Freien aufgestellt wird. Es ist dies eine Möglichkeit der Kurzschlußbegrenzung, die bisher noch lange nicht genug ausgeschöpft worden ist.

Eine weitere wichtige Frage bei der Wahl der Spannung ist die der Reservehaltung. Die Zusammenhänge zwischen Preis und Spannung sind eingangs angedeutet worden. Bei Motoren ist außerdem zu bedenken, daß eine schnelle Beschaffung von Ersatzmotoren für 220 oder 380 V leichter ist als für 500 V. Von der Gesamtzahl der gelieferten Drehstrommotoren machen die für 500 V nur 10 bis 20 % aus. Die kleinere Zahl gilt für Motoren unter 12 kW, die größere für darüber liegende Leistungen. Das ist von geringerer Bedeutung für sehr große Werke, die in ihrem großen Maschinenpark eine gewisse Reserve besitzen, hat aber größere Wichtigkeit für die Vielzahl kleinerer und mittlerer Betriebe, die gegebenenfalls auf sehr schnelle Bedarfsdeckung am Motorenmarkt angewiesen sind.

Unabhängig von der Höhe der Spannung hat man schon früher auf eine Trennung des Lichtnetzes vom Kraftnetz Wert gelegt. Wegen der leichten Verdunkelungsmöglichkeit durch Anzapftransformator ist diese Trennung unbedingt zu empfehlen. Dabei ist es zweckmäßig, sich auf die Allgemeinbeleuchtung zu beschränken, damit die Arbeitsplätze durch nach außen abgeschirmte Leuchten ihre volle Lichtstärke behalten. Das Netz für die Allgemeinbeleuchtung wird für 220/380 V verlegt und durch eine genügende Zahl von Steckdosen erweitert, an denen Elektrowerkzeuge angeschlossen werden können.

Die Wahl der Spannung wird durch die Rücksicht auf Sicherheitsvorschriften nicht beeinflußt: Die Vorschriften für Hochspannungsanlagen machen nur graduelle Unterschiede für verschieden hohe Spannungen. Bei der Niederspannung ist auf den Unterschied zwischen 220/380 und 500 V hinzuweisen. Dort wird fast ausschließlich die Nullung, hier die Erdung verwendet. Die Schwierigkeiten, die einer guten Erdung entgegentreten, lassen sich durch den Anschluß der vorgeschriebenen Erde an werkseigene Wasserrohrleitungen meist überwinden. Die Verwendung von Elektrowerkzeugen, die betriebsmäßig mit der Hand fest umfaßt werden, für 500 V ist aus Sicherheitsgründen untersagt.

Abb. 10. Kurzschlußströme in Drehstromanlagen.

Abschließend ist noch der Zusammenhang zwischen Wirtschaftlichkeit und gewählter Spannung hervorzuheben. Die Wirtschaftlichkeit elektrischer Anlagen ist häufig eingehend untersucht worden. Die Beziehungen zwischen Preis und Spannung lassen sich nicht als stetige Funktionen ausdrücken, wie es die Rechnung erfordert. Die Normung von Leistung, Nennstrom, Querschnitt und Spannung ergibt Treppenkurven mit oft beträchtlichen Sprüngen, die man durch Näherungsfunktionen ersetzen muß. Derartige Rechnungen lassen wohl Tendenzen erkennen, sind aber nicht geeignet, die tatsächliche Höhe der entstehenden Kosten zu ermitteln. Es kann in keinem Fall darauf verzichtet werden, mit den wahren Preisen für die Einzelteile einer Anlage die letzte Summenbildung vorzunehmen.

Zusammenfassung.

Die Auswertung der gewonnenen Erkenntnisse führt zu der Forderung, die Hochspannung möglichst nahe an den Verbraucher heranzubringen. Für die Wahl der Span-

nung ergibt sich die Unterteilung der Anlagen in drei Hauptgruppen:

1. Kleinste Betriebe, die an das Niederspannungsnetz der öffentlichen Elektrizitätsversorgung unmittelbar angeschlossen werden, verwenden die angelieferte Spannung, in den meisten Fällen 380/220 V.
2. Mittlere bis größte Anlagen mit werkstattähnlichem Charakter, also kleinen Motorleistungen, erhalten ein oberspannungsseitig mit 6 kV gespeistes, vermaschtes Niederspannungsnetz für 380/220 V, zumal auch Motoren für Kühlmittelpumpen sehr kleiner Leistung nicht für 500 V geliefert werden. Sind Großmotoren nicht oder nur sehr vereinzelt vorhanden, so kann eine beliebige Hochspannung gewählt werden. Das Lichtnetz ist vom Kraftnetz getrennt und wird gleichfalls mit 220/380 V betrieben.
3. Große und größte Anlagen mit bedeutenden räumlichen Ausdehnungen, bei denen auch meist zahlreiche Hochspannungsverbraucher vorhanden sind, werden oberspannungsseitig mit 6000 V, niederspannungsseitig mit vermaschtem Netz für 500 V versehen. Das Lichtnetz für Allgemeinbeleuchtung und Elektrowerkzeuge wird getrennt für 220/380 V ausgeführt. Trifft große Leistung, große Energiedichte und große Ausdehnung zusammen, so wird eine Dreispannungsversorgung mit 500, 6000 und 30 000 V gewählt.

DK 621.311.003.1 (436)

Die Elektrizitätswirtschaft der Ostmark. [Nach E. Wist, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 1; 12 S., 18 Abb.]

Einleitend wird der Zweck der Elektrowirtschaft erläutert und der Wert der Statistik besprochen. An Hand einer Tafel wird die Verbreitung der Elektrizität in einer Reihe von Kulturländern und der Verbrauch je Kopf der Bevölkerung gezeigt: Schweiz 1643, V. S. Amerika 1235, Altreich 770, Ostmark 425. Für die V. S. Amerika und die Schweiz wird der Verbrauch des Stromes für die verschiedenen Verbrauchergruppen und die Einnahmen an Hand zahlreicher Zahlentafeln und Schaubilder besprochen, insbesondere wird für die Elektrizitätswerke auf den großen Wert der Kleinabnehmer und der Haushalte hingewiesen. In Nordamerika verbrauchen die Kleinabnehmer 30% des Stromes und leisten hierfür 60 % der Gesamteinnahmen. Der mittlere Haushaltstrompreis, der in Nordamerika sinkende Tendenz aufweist, beträgt 4,36 cts (etwa 11 Rpf) und in der Schweiz 12,8 Rp. (etwa 7 Rpf). Nach einer kurzen Besprechung der Elektrizitätswirtschaft des Altreiches, dessen Stromverbrauch seit 1918 sich versechsfacht hat und insbesondere seit 1933 in einem raschen Anstieg befindet, wird auf die Elektrizitätswirtschaft der Ostmark eingegangen, deren Entwicklung seit 1918 in Zahlentafeln und Schaubildern gezeigt wird. 1937 wurden von den in der Statistik enthaltenen Werken 2893 Mill kWh erzeugt, wovon 37% auf Eigenanlagen, 14,3% auf Ausfuhr, 12,5% auf Großverbraucher, 9,6% auf Kleinverbraucher, 8,4 % auf Bahnen, 2,7% auf Verschiedenes und 15,5% auf Verluste entfallen. Ermittelt man den Verbrauch je elektrisierten Haushalt für die ehemaligen Bundesländer, so erhält man das überraschende Ergebnis, daß er von Osten nach Westen von 66 kWh im Burgenland allmählich auf 635 kWh in Vorarlberg ansteigt. Im Mittel beträgt er in der Ostmark 94,5 kWh, im Altreich 130, in der Schweiz 718 und in den V. S. Amerika 793 kWh.

Auf Grund des seit Jahrzehnten angelegten Wasserkraftkatasters ergibt die achtmonatige zur Verfügung stehende Betriebswassermenge eine Leistung von 3,5 Mill PS und ein Jahresarbeitsvermögen von 21 Mrd kWh, wovon bisher 4,2 Mrd kWh ausgebaut sind, wenn man auch die kleineren in der Statistik nicht enthaltenen Werke berücksichtigt. Die Größe der Saisonspeicherwerke weist nur ein Arbeitsvermögen von 85 Mill kWh oder 3% der ausgebauten Energie auf.

Nun werden die in den einzelnen Ländern ausgebauten größeren Wasserkraftwerke, die Elektrisierung der ehemaligen Bundesbahnen, die vorhandenen ausbauwürdigen Wasserkräfte und die bisher ausgearbeiteten Pläne besprochen. Von diesen sind die interessantesten die Donau, die Enns, die hochalpinen Tauern- und Westtiroler Wasserkräfte. Seit dem Anschluß wurde von den großen Bauvorhaben der Ausbau des Kraftwerkes Rodund in Vorarlberg, die Donaustufe Persenbeug und das Kapruner Tauernkraftwerk in Angriff genommen.

Das gesamte Jahresarbeitsvermögen der geplanten Saisonspeicherwerke ist, da die geologischen Verhältnisse noch nicht ganz geklärt sind, schwer anzugeben, dürfte aber 1200 bis 1800 Mill kWh oder 5,5 bis 8,5% der gesamten Energie betragen. Da zum vollständigen Ausgleich des Winterenergieausfalles rd. 15% Speicherarbeitsvermögen erforderlich sind, muß der Energieausfall durch Dampfkraftwerke gedeckt werden. Es wird auf die außerordentliche Bedeutung der hochalpinen Großspeicher hingewiesen, die so groß, als es technisch und wirtschaftlich nur irgend möglich, ausgeführt werden sollten. Zur Ergänzung der fehlenden natürlichen Speicher wären an geeigneten Plätzen Pumpspeicherwerke aufzustellen, wie dies an dem Beispiel des Bodenwieseplanes anschaulich gezeigt wird. Auf den Energieaustausch zur besten Ausnutzung der Alpenwasserkräfte mit den Großkraftwerken des Altreiches wird besonders hingewiesen. Am Schlusse wird in einer Zusammenstellung gezeigt, daß von den vorhandenen Wasserkräften 11 Mrd kWh oder die Hälfte der vorhandenen ausgebaut werden müßte, um den Verbrauch in der Ostmark auf 1200 kWh je Bewohner zu heben und so die Angleichung an Länder mit einer gut entwickelten Elektrizitätswirtschaft zu erreichen. *Vb.*

DK 621.311.003.1 (494)

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in der Schweiz 1937/38. [Nach Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 1; 10 S., 7 Abb.]

Von der Statistik werden alle Elektrizitätswerke erfaßt, die eine größere Leistung als 300 kW haben, und zwar öffentliche Werke und Eigenanlagen, wobei letztere die Bahn- und In-

Zahlentafel 1. Erzeugung der Elektrizitätswerke in den Jahren 1936/37 und 1937/38 in Mill kWh.

	1936/37 Mill kWh	1937/38 Mill kWh	1937/38 %
öffentliche Werke	5148	5395	76,5
Eigenanlagen (Bahn und Ind.)	1694	1648	23,4
Einfuhr	13	11	0,1
gesamte Erzeugung und Einfuhr	6855	7054	100

Zahlentafel 2. Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in der Schweiz in Mill kWh.

Betriebsjahr 1. 10. bis 30. 9.	Erzeugung: aus Wasserkraftwerken	Erzeugung: aus Wärmekraftwerken	Erzeugung: Einfuhr	gesamte Energieerzeugung und Einfuhr	Verbrauch: Haushalt und Gewerbe	Verbrauch: Bahnbetriebe SBB	Verbrauch: Bahnbetriebe übrige	Verbrauch: allgemeine Industrie[1])	Verbrauch: chem.-metallurg. und therm. Anwendungen[2])	Verbrauch: Elektrokessel	Verbrauch: Verluste und Verbrauch der Speicherpumpen[3])	Verbrauch: Inlandverbrauch ohne Elektrokessel und Speicherpumpen	Verbrauch: Inlandverbrauch mit Elektrokessel und Speicherpumpen	Ausfuhr
1930/31	5026	23	8	5057	1098	413	165	745	838	155	631	3856	4045	1012
1931/32	4760	30	11	4801	1139	414	165	670	706	126	655	3683	3875	926
1932/33	4907	27	4	4938	1176	419	166	681	650	230	639	3673	3961	977
1933/34	5312	36	7	5355	1228	447	173	707	728	273	659	3886	4215	1140
1934/35	5661	31	13	5705	1236	461	172	689	778	343	676	3963	4355	1350
1935/36	6022	29	4	6055	1242	472	168	662	885	501	658	4063	4588	1467
1936/37	6809	33	13	6855	1295	535	174	760	1280	532	723	4719	5299	1556
1937/38	7010	33	11	7054	1329	547	175	770	1452	496	737	4956	5506	1548

[1]) Fabrikbetriebe, die mehr als 20 Arbeiter beschäftigen.
[2]) Fabrikbetriebe wie Fußnote 1 mit mehr als 200 000 kWh Verbrauch der genannten Anwendung.
[3]) Verluste von Kraftwerk bis zum Abnehmer, bei Bahnkraftwerken bis zum Fahrdraht.

dustriewerke einschließen. Unter diesem Gesichtspunkt betrachtet, sind von der Statistik etwa 1% der Erzeugung nicht berücksichtigt. Unter Betriebsjahr wird jeweils die Zeit vom 1. 10. bis 30. 9. des folgenden Jahres verstanden. Die Erzeugung der öffentlichen und Eigenanlagen geht aus der Zahlentafel 1 hervor.

Wie man aus der Aufstellung ersieht, ist die Erzeugung gegenüber dem Vorjahr um 199 Mill kWh oder um 2,9% gestiegen. Die Bahn- und Industriekraftwerke haben hierbei ihre Erzeugung vermindert und die öffentlichen Werke entsprechend erhöht.

Die Art der Stromerzeugung und den Verbrauch zeigt die Zahlentafel 2. Weitaus der größte Teil der elektrischen Arbeit wird in Wasserkraftwerken erzeugt, und zwar rd. 99,5%. Die Weltwirtschaftskrise hat sich in der Elektrizitätswirtschaft der Schweiz nicht allzu stark bemerkbar gemacht, wie dies aus den Erzeugungszahlen zu ersehen ist. Anderseits hat die Schweiz an dem Aufschwung, den fast alle Länder seit 1933 erfahren haben, nur wenig teilgenommen. Vergleicht man die Zahlen von 1930 und 1937, so stellt man eine Mehrerzeugung von rd. 2 Mrd kWh fest, dies sind rd. 40%. In Deutschland stieg in dem betrachteten Zeitraum die Erzeugung um rd. 80%! Der Verbrauch elektrischer Arbeit in Haushalt und Gewerbe stieg von 1098 (1930) auf 1329 Mill kWh (1937), also um 21%. Dies ist eine verhältnismäßig kleine Steigerung, eine Erscheinung, die auch in anderen Ländern zu beobachten ist. Eine große Steigerung hat die Gruppe „Chemisch-metallurgische und thermische Anwendungen" zu verzeichnen, und zwar um 73%, die größte Steigerung in der Zeit von 1930 bis 1937 hat die Gruppe Elektrokessel aufzuweisen: die Erzeugung stieg von 155 auf 496 Mill kWh, d. s. rd. 320%. *s.*

STATISTISCHE MITTEILUNGEN

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Elektrotechnische Erzeugung in Neuseeland. — Im Jahre 1936/37 bezifferte sich der Gesamtwert der Elektroerzeugung Neuseelands auf 6,7 Mill RM, das sind 4% mehr als im Vorjahr und ungefähr das Zweieinhalbfache des Wertes der im Krisenjahr 1932/33 hergestellten Erzeugnisse (Zahlentafel 3). Der durch die Krise bedingte Rückgang wurde im Jahre 1934/35 vollends überwunden. Im Jahre 1935/36 konnte die Elektroerzeugung, am Vorjahr gemessen, annähernd verdoppelt werden. Die Entwicklung der Beschäftigtenzahl entspricht der Entwicklung der Erzeugungsdaten. 1936/37 waren rd. 600 Beschäftigte in der neuseeländischen Elektroindustrie tätig.

Zahlentafel 3. Elektrotechnische Erzeugung in Neuseeland.

Jahr	Beschäftigte Personen	Elektrotechnische Erzeugung Werte in 1000 RM[1])
1929/30 (31. 3.)	235	2 742
1930/31 (31. 3.)	265	2 920
1932/33 (31. 3.)	242	2 384
1933/34 (31. 3.)	244	2 444
1934/35 (31. 3.)	355	3 566
1935/36 (31. 3.)	428	6 429
1936/37 (31. 3.)	598	6 678

Quelle: Statistical Report on the Factory and Building Production of the Dominion of New Zealand, Wellington.

[1]) Umrechnungskurs seit der Währungsentwertung unter Berücksichtigung der veränderten Binnenkaufkraft.

Elektrotechnische Erzeugung in den V. S. Amerika. — Nach dem nunmehr letzten statistisch vorliegenden Jahr 1935 betrug der Gesamtwert der elektrotechnischen Erzeugung der V. S. Amerika 5,24 Mrd RM; davon entfällt rd. 1 Mrd RM auf Erzeugnisse der nichtelektrotechnischen Industriegruppen (Zahlentafel 4). Gegenüber dem Krisenjahr 1933 bedeutet das eine Steigerung von 55,5%. Offensichtlich haben sich jedoch die Amerikaner von der durch die Krise bedingten verminderten Herstellung elektrotechnischer Erzeugnisse, deren Wert sich 1929 auf 11,22 Mrd RM belief, noch nicht erholt. Der größte Anteil an der Gesamterzeugung entfällt auf elektrische Maschinen mit einem Wert von rd. 800 Mill RM. Der Herstellungswert der Rundfunkindustrie betrug 773 Mill RM. Kabel und Drähte sind ebenfalls ein bedeutender Faktor in der Gesamterzeugung. Zähler und Meßinstrumente, Telephon- und Telegraphenapparate sowie elektromedizinische und therapeutische Geräte, die von den Kriseneinflüssen besonders schwer betroffen wurden, konnten von 1933 auf 1935 rd. eine Verdoppelung ihres Erzeugungswertes aufweisen. Elektrische Schweißgeräte lagen sogar 1935 um 28,5% über dem bisherigen Bestjahr 1929. Die Industrieöfenerzeugung zeigt deutlich die Tendenz, ihre in den Vorkrisenjahren innegehabte Stellung zurückzuerobern; ähnliche Anzeichen machen sich bei den Haushaltsapparaten bemerkbar. Eine auffallende Entwicklung nimmt die Erzeugung elektrischer Lokomotiven: 1929: 74,4 Mill RM, 1933: 8,5 Mill RM, 1935: 60,3 Mill RM.

Im Gegensatz zur elektrotechnischen Erzeugung, die 1935 noch unter dem Stand des Jahres 1933 lag, war die Zahl der in der amerikanischen Elektroindustrie tätigen Arbeiter 1935 größer als 1933 (Zahlentafel 5).

Zahlentafel 4. Elektrotechnische Erzeugung der V. S. Amerika (Werte in 1000 RM)[1]).

Warengruppen	1929	1931	1933	1935
elektrische Maschinen (Generatoren, Motoren und Transformatoren)	1 665 947	864 124	420 795	799 850
Akkumulatoren und galvanische Elemente	629 726	360 932	279 158	320 251
Kabel und isolierte Drähte	1 312 887	504 807	271 679	456 648
Zähler und Meßinstrumente	154 614	95 403	38 611	87 747
Installationsmaterial (Sockel, Fassungen und dergl.) Isolierrohr, Verteiler u. Schaltkästen, Schalter, Sicherungen und Sicherungstafeln	817 437	452 752	241 138	378 186
Telephon- und Telegraphenapparate	698 431	475 314	87 666	162 835
Radioapparate, Röhren, Teile und Zubehör	1 945 059	725 876	493 525	773 274
davon: Radioapparate	1 384 423	476 262	292 027	493 959
Radioröhren	344 454	119 229	104 368	108 254
Radioteile und Zubehör	216 182	53 332	58 476	80 524
Glühlampen (ohne Sockel) u. Röntgenröhren	358 342	296 108	207 541	252 378
Elektroden f. Beleuchtung u. Heizung, Kohlebürsten u. dergl.	71 606	39 950	37 241	46 589
industrielle und gewerbliche Apparate	120 275	74 172	35 598	82 912
davon: Industrieöfen	14 266	9 080	2 770	10 369
Elektrische Schweißapparate (einschl. Elektrod.)	42 095	28 064	24 398	54 081
Haushaltapparate	354 839	233 428	151 936	271 630
elektromedizinische u. therapeutische Apparate	83 819	38 489	18 164	34 534
elektrische Lokomotiven	74 363	[2]) —	8 462	60 300
sonstige elektrische Apparate (Signalapparate, Zündapparate für Verbrennungskraftmaschinen u. dergl.	393 410	190 504	123 610	196 794
sonstiges	1 122 630	570 262	269 791	279 892
elektrische Maschinen, Apparate u. Zubehör (a+b)	9 803 385	4 922 121	2 684 915	4 203 820
a) elektrische Maschinen, Apparate u. Zubehör (Elektrofabrikation der elektrotechnischen Industrie)[3])	9 025 382	4 625 046	2 497 858	3 783 654
b) elektrische Maschinen, Apparate u. Zubehör (Elektrofabrikation der nichtelektrotechnischen Industrie)	778 003	297 075	187 057	420 166
c) aus anderen Industriegruppen[4])	1 421 076	926 843	681 194	1 040 784
davon: elektrische Kühlschränke für den Haushalt	469 033	418 691	319 199	489 203
elektrische Waschmaschinen	251 710	178 282	155 382	160 833
elektrotechnische Erzeugung (a+b+c)	11 224 461	5 848 964	3 366 109	5 244 604

Quelle: Biennial Census of Manufacturers.

[1]) Umrechnungskurs seit der Währungsentwertung unter Berücksichtigung der veränderten Binnenkaufkraft.

[2]) Keine vergleichbaren Zahlen.

[3]) Ohne die nichtelektrotechnischen Erzeugnisse der elektrotechnischen Industrie.

[4]) Die Werte stellen die elektrotechnische Fabrikation anderer Industrien als der elektrotechnischen dar. Zum Unterschied von den Werten unter b, bei denen es sich ebenfalls um Elektrofabrikation anderer Industrien handelt, sind aus erhebungstechnischen Gründen die Werte unter c nicht in den Gesamtwert der Zensusgruppe „Electrical Machinery Apparatus and Supplies" (a+b) hineingerechnet, sondern in einer besonderen Aufstellung des Erhebungsmaterials mitgeteilt worden mit dem Bemerken, daß sie gleichfalls zur Gruppe „Electrical Machinery Apparatus and Supplies" zuzurechnen seien (Gesamtwert a+b+c).

Zahlentafel 5. Beschäftigte Personen[1]).

	1929	1931	1933	1935
Arbeiter	328 722	216 479	163 736	224 437

[1]) Ohne die Beschäftigten der in Zahlentafel 1 unter b und c genannten Produktionszweige.

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 181000.

Ausschuß für Akkumulatoren.

Der Ausschuß für Akkumulatoren hat einen Entwurf

VDE 0809 „Vorschriften für Kraftfahrzeug-Anlaß- und -Beleuchtungsbatterien",

der einen Teil allgemeiner Vorschriften über Akkumulatoren darstellt, die zur Zeit beraten werden, einem dringenden Bedürfnis der Praxis folgend vorab fertiggestellt. Der Entwurf ist in ETZ 60 (1939) S. 134 veröffentlicht.

Einwendungen gegen diesen Entwurf sind der Geschäftsstelle bis zum 20. Februar 1939 bekanntzugeben.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Blendermann.

41. Mitgliederversammlung des VDE in Wien

vom 1. bis 3. Juni 1939.

Mittwoch, den 31. Mai
- Vortragsabend

Donnerstag, den 1. Juni
- Fachberichte
- Vorstandssitzung
- Vorstandsratsitzung
- Begrüßungsabend

Freitag, den 2. Juni
- Fachberichte
- Mitgliederversammlung (Geschäftssitzung)
- Kameradschaftsabend

Sonnabend, den 3. Juni
- Besichtigungen
- Ausflüge

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Bezirk Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Elektrische Bahnen".

Leiter: Professor Dr.-Ing. P. Müller VDE.

Vortrag

des Herrn Reichsbahn-Bauassessor Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE, Berlin, am Dienstag, dem 7. Februar 1939, um 20^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal E B 301, über das Thema:

„Aus der Entwicklung der Schnellbahnen" (ältere und neuere Entwürfe und Versuche).

Eintritt und Kleiderablage frei.

A.o. Bezirksversammlung

am Donnerstag, dem 9. Februar 1939, 20^{00}, im Hörsaal EB 301 der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Berliner Straße 170/172.

Vortrag des Herrn Oberingenieur K. Alvensleben VDE, Berlin, über das Thema:

„Übersicht über den heutigen Stand der physiologischen und pathologischen Forschung zur Frage der Gesundheitsschädigung durch industrielle Ströme".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Installationstechnik".

Leiter: Oberingenieur W. Hoeres VDE.

Vortrag

des Herrn Oberingenieur W. Höpp VDE, Berlin, am Dienstag, dem 14. Februar 1939, um 20^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal E B 301, über das Thema:

„Werkstoffsparende Gestaltung im Schaltgerätebau".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im VDE-Haus, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
2. 2. 1939 Vortragsreihe „Relais in der Starkstromtechnik": „Das Berliner Netz", Vortragender: Dr.-Ing. H. Titze VDE. Anschließend an den Vortrag findet eine Besichtigung der Relaissammlung der Bewag statt. Dieser Vortrag wird im Laboratorium der Bewag, Berlin N 65, Sellerstr. 16, gehalten.

Elektrizitätswerke. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. B. J. v. d. Knesebeck VDE.
3. 2. 1939 Vortragsreihe „Aufgaben aus der Verbundwirtschaft": „Günstigste Lastverteilung parallelarbeitender Energieerzeuger", Vortragender: Dr.-Ing. G. Hauffe VDE.

Elektromaschinenbau. Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.
6. 2. 1939 Vortragsreihe „Grenzen im Bau von Wasserkraftgeneratoren": „Prüfung und Montage großer Wasserkraftgeneratoren", Vortragender: Ingenieur Volkert.

Fernmeldetechnik. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. K. Wagner VDE.
7. 2. 1939 „Fernmeldefreileitungen". Vortragender: Ingenieur H. Menke.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
9. 2. 1939 „Photozellen mit äußerem photoelektrischem Effekt", Vortragender: Dr.-Ing. W. Kluge VDE.

Industrieanlagen. Leiter: Dr.-Ing. R. v. Meibom VDE.
10. 2. 1939 „Anwendung der Pendelmaschinen in der Industrie", Vortragender: Dr. W. Doring.

VDE Bezirk Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Braunschweig. 7. 2. (Di), 20^{15}, T. H.: „Selbstwählfernverkehr in großen privaten Fernsprechanlagen". Dr.-Ing. E. Hettwig. Anschl. Mitgliederversammlung.

VDE Bezirk Danzig. 6. 2. (Mo), 20^{00}, T. H.: „Die elektr. Energieübertragung und -verteilung im Zeichen des wachsenden Strombedarfs unserer Zeit" (m. Lichtb.). Dr.-Ing. W. von Mangoldt VDE.

VDE Bezirk Essen. 8. 2. (Mi), 19^{00}, Gefolgschaftsraum der Demag, Duisburg-Hochfeld, Werthauserstraße gegenüber Tor I: 5. Mitgliederversammlung mit einem Vortrag „Gegenwärtige Entwicklungslinien bei elektrischen Hebezeugausrüstungen". Dr.-Ing. Gewecke.

VDE Bezirk Mittelbaden, Karlsruhe. 9. 2. (Do), 20[15], Grashof-Hörsaal, T. H.: „Die Anpassung des Kraftwerkbaues an die energiewirtschaftliche Aufgabenstellung bei Errichtung neuer und Erweiterung bestehender Dampfkraftwerke". Obering. Schröder.

VDE Bezirk Mittelhessen, Frankfurt a. M. 4. 2. (Sa), 20[00], Carlton-Hotel: Geselliges Beisammensein mit Essen und Tanz.

VDE Bezirk Niederschlesien, Breslau. 7. 2. (Di), 20[00], T. H.: „Schutz der motorischen Verbraucher in kleineren und größeren Industrieanlagen". Obering. H. Mattel VDE.

VDE Bezirk Oberschlesien, Gleiwitz. 9. 2. (Do), 17[00], Büchereisaal der Donnersmarckhütte in Hindenburg: „Explosionsvorgänge und elektrische Geräte für explosionsgefährdete Betriebe". Dr.-Ing. Müller-Hillebrand VDE.

VDE Bezirk Südbayern, München. 8. 2. (Mi); „Neuerungen und Fortschritte im Bau von großen Wasserkraftgeneratoren". Obering. Bobeck VDE.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

H. Henneberger †. — Nach längerem Leiden verschied am 10. Januar Herr Dipl.-Ing. Hans Henneberger VDE, Betriebsdirektor der Ostpreußenwerk AG. Herr Henneberger ist am 7. 9. 1877 in Meiningen geboren; die Diplomprüfung legte er an der T. H. Darmstadt im Jahre 1903 ab. Danach war er mehrere Jahre hindurch als Ingenieur für Berechnung

H. Henneberger †.

elektrischer Maschinen bei einigen westdeutschen Werken und insbesondere bei der Kaiserlichen Werft in Kiel tätig. Am 1. 4. 1921 übernahm er im Anschluß an eine zweijährige Tätigkeit als Leiter der Überlandzentrale Straschin-Prangschin die technische Leitung der Abteilung Überlandwerk Allenstein der Ostpreußenwerk AG., die früher ihren Sitz in Osterode hatte.

Herr Henneberger gehörte zu den Mitbegründern des Bezirks Ostpreußen des VDE.

M. R. Kiesewetter †. — Am 18. 12. 1938 starb nach längerem Leiden im 65. Lebensjahr der Fabrikbesitzer und Ingenieur Max Rudolf Kiesewetter VDE. Mit ihm ist eine Persönlichkeit dahingegangen, die in der Elektrotechnik, besonders in der elektrischen Meßinstrumententechnik, weit über Deutschlands Grenzen hinaus bekanntgeworden ist. M. R. Kiesewetter wurde am 30. 8. 1874 in Großbreitenbach (Thür.) geboren. Zufolge seiner ausgesprochenen technischen Veranlagung wandte er sich frühzeitig dem Bau feinmechanischer und elektrotechnischer Apparate zu, und zwar bei den Veifa-Werken. Im Jahre 1907 machte er sich selbständig. Später gründete er die Firma Rudolf Kiesewetter, Fabrik elektrischer Meßinstrumente Leipzig, die als Werkstatt, aus kleinsten Anfängen heraus, zuerst einfache Meßinstrumente für Schalttafel, Montage und für Taschengebrauch herstellte. Dank der schöpferischen Tätigkeit Rudolf Kiesewetters fand sein Werk (heute Excelsior-Werk Rudolf Kiesewetter) aber bald den Weg zu eigenen er-

Phot.: A. Clajus, Lpz.

R. Kiesewetter †.

folgreichen Konstruktionen, und es wuchs, da sein Leiter auch kaufmännischen Weitblick besaß und die Fähigkeit, tüchtige Mitarbeiter zu gewinnen und zu halten. *Hpl.*

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 628.9 + 621.32

Praktische Lichttechnik. Hilfsbuch zur Anwendung der lichttechnischen Normen. Unter Mitarb. von Dr.-Ing. A. Dresler, Dr. O. Reeb, Dr.-Ing. M. Richter und Dipl.-Ing. E. Wittig bearbeitet und herausgeg. von Prof. Dr.-Ing. habil. W. Arndt. Mit 98 Abb., 25 Tabellen u. 208 S. im Format 160 × 235 mm. Union Deutsche Verlagsgesellschaft Roth & Co., Berlin 1938. Preis geb. 18 RM.

Das Buch „Praktische Lichttechnik" will, wie im Vorwort gesagt wird, „dem großen Kreis aller Praktiker dienen, die bisweilen oder ständig vor die wichtigsten Fragen der Wertung von Licht, Beleuchtung oder Farbe gestellt werden, ohne durch gründliche lichttechnische Vorbildung und jahrelange praktische Erfahrung bereits zu Fachleuten der Lichttechnik geworden zu sein. Das Buch wendet sich damit an Lichtberater, Architekten, Betriebsingenieure, Beleuchtungseinrichter, Gewerbeaufsichtsbeamte, Glastechniker und andere mehr." Entsprechend dieser Aufgabe hat sich der Verfasser mit Erfolg bemüht, den Stoff allgemein verständlich zu halten und durch zahlreiche Beispiele zu erläutern. Als Grundlage für die Darstellung dienen die lichttechnischen Normblätter DIN 5031 bis 5037. So wird in dem Kapitel „Grundlagen, Bezeichnungen und Einheiten in der Lichttechnik" eine eingehende, gut verständliche Erläuterung der verschiedenen lichttechnischen Begriffe gegeben. Volle Klarheit über die Bedeutung der einschlägigen beleuchtungstechnischen Begriffe ist eine der Hauptbedingungen für eine erfolgreiche Betätigung auf diesem Gebiet der Technik. Sehr wertvoll für den Praktiker, der ständig mit photometrischen Messungen zu tun hat, sind im nächsten Kapitel „Photometrische Bewertung und Messung von Lampen und Beleuchtung" die Hinweise und Winke für die Lichtstärke- und Lichtstrommessung der Lampen und Leuchten. Die neuesten Untersuchungen, z. B. über die Messung in der Ulbrichtschen Kugel, über die objektive Messung mit Hilfe von Photozellen oder über die Farbmessung nach den verschiedenen Farbmeßverfahren sind dabei berücksichtigt worden. Das Kapitel „Leitsätze für Tagesbeleuchtung" dürfte besonders für Architekten Interesse haben. Hier werden die Einflüsse der verschiedenen Faktoren auf die Tagesbeleuchtung, wie Lage und Größe der Fenster, Breite der Straßen, Reflexionsvermögen der Häuserfronten usw. eingehend dargestellt und in Berechnungsbeispielen erläutert. In einem kurzen Abriß „Beleuchtung und Mensch" wird eindringlich auf die kulturelle und künstlerische Bedeutung der Schaffung einer einwandfreien

Tagesbeleuchtung hingewiesen. Für Architekten in gleicher Weise wie für Beleuchtungstechniker, Lichtberater, Betriebsingenieure und Gewerbeaufsichtsbeamte wichtig und bedeutsam sind die Ausführungen in dem Kapitel „Leitsätze für die Beleuchtung mit künstlichem Licht", in dem die verschiedenen Arten der Innenbeleuchtung, ihre Planung und Berechnung mit praktischen Winken für ihre Ausführung sowie auch die Straßenbeleuchtungsanlagen behandelt werden. Die Messung und Bewertung von Beleuchtungsgläsern und anderen lichttechnischen Baustoffen werden im nächsten Kapitel erläutert, wiederum unter zahlreichen praktischen Hinweisen für die Messung. Schließlich werden im Kapitel über die Scheinwerferbewertung alle einschlägigen Begriffe und ihre optischen Zusammenhänge sowie die Eigenschaften der Scheinwerfer behandelt. Nach Art der Darstellung ist das Buch durchaus geeignet, den eingangs erwähnten Zweck voll zu erfüllen und den dort genannten Kreisen ein äußerst wertvoller Helfer in allen Fragen der praktischen Beleuchtungstechnik zu sein. Es wird daher — in schöner Ergänzung zum Handbuch der Lichttechnik — für jeden, der sich mit Beleuchtungstechnik praktisch beschäftigt, bald ein unentbehrlicher Berater sein.

F. Born VDE.

DK 621.3 : 629.135

Encyclopédie de l'Électricité et de la T. S. F. à bord des Avions modernes. Von Prof. Ing. électr. H. Lanoy. Bd. 1: La T. S. F. et l'Appareillage Électrique spécial à bord des Avions modernes. Mit einem Vorwort von G. Benoist. Mit 157 Abb. u. 160 S. im Format 185 × 270 mm. Librairie des Sciences Pratiques Desforges, Paris 6e. 1938. Preis kart. 48 fr.

In dem vorliegenden Band 1 beschreibt der Verfasser zunächst zahlreiche Lang-, Kurz- und Ultrakurz-Wellen-Funkgeräte für den Luftverkehr sowie für die Militär- und Sportfliegerei. Er geht dann auf die Funknavigation sowie verschiedene Funkortungs- und Blindlandeverfahren ein. Ferner bringt er einiges über Beleuchtungsanlagen, elektrische Heizung, Meß- und Überwachungsgeräte, Lichtbildgeräte mit elektrischer Steuerung, elektrische Antriebe, elektromagnetische Kupplungen für Verstell-Luftschrauben und für Ladegebläse von Flugmotoren. Zum Schluß kommen kurze Angaben über das elektrische Leitungsnetz. Wie der Verfasser selbst in seinem Vorwort sagt, bringt er für den Fachmann nichts Neues. Er will vielmehr Studenten und anderen, die sich für die Luftfahrt interessieren, einen Überblick über die Anwendung der Elektrotechnik in Luftfahrzeugen geben. Der Verfasser berührt daher nur die grundsätzlichen Fragen. H. Viehmann VDE.

DK 621.396.75(075.3/.4)

Die Sender und Sendeanlagen der Reichsflugsicherung. Teil II: Schaltung und Aufbau der Sender. Von Reg. Baurat Dipl.-Ing. H. J. Zetzmann. (Flugsicherungstechn. Lehrbücher, Bd. 3, Teil II). Mit 59 Abb. u. 106 S. im Format A 5. Verlag Georg Siemens, Berlin 1938. Preis kart. 2,60 RM.

Nach einem kurzen einleitenden Abriß der wichtigsten Schaltelemente der Sender werden die in der Reichsflugsicherung vorhandenen Bodensender beschrieben. In übersichtlicher Weise sind bei jedem Gerät nacheinander zunächst Aufbau, Wellenbereich, Leistung, Betriebsarten, Genauigkeiten, Schaltung und Stromversorgung erläutert. Jedesmal sind Ansicht und Grundschaltbild beigegeben. Je nach Bedarf sind Sonderheiten wie Leistungsregelung, Fernsteuergeräte, Anforderungen an den Luftleiter, Kühlanlage usw. beschrieben. Besonders bemerkt sei, daß auch die neuen UKW-Ansteuerungsfunkfeuersender und Einflugzeichensender zur Schlechtwetterlandung berücksichtigt wurden. — Die Zusammenstellung ist bei aller Vollständigkeit kurz und übersichtlich. Sie kann als zuverlässiger Ratgeber für Schule und Betrieb bezeichnet werden.

Franz Moeller VDE.

DK 621.3 (075.4)

Aufgabensammlung aus der Elektromeisterprüfung. Von B. Droll u. K. Fraaß. 2. Aufl. Neu bearb. von Baurat Dipl.-Ing. K. Fraaß und Ing. M. Rützel. Mit 33 Abb., VIII u. 91 S. im Format A 5. Dr. Max Jänecke Verlagsbuchhandlung, Leipzig 1938. Preis kart. 2,80 RM.

Das Buch will Anleitung für Gehilfen des Elektroinstallationsgewerbes sein, die sich einer Meisterprüfung unterziehen wollen. Es enthält Erklärungen, Beispiele und Aufgaben mit Lösungen, wie sie in solchen Prüfungen vorgebracht werden und eignet sich daher zur unmittelbaren Prüfungsvorbereitung. Keinesfalls kann es Ersatz für die erprobten Lehrbücher sein, die den angehenden Elektromeistern in reicher Zahl zur Verfügung stehen; dazu wird der umfangreiche Stoff zu knapp behandelt und auch nicht genügend mit den praktischen Forderungen an den ausübenden Handwerker in Übereinstimmung gebracht. Der Wert des Buches wird leider durch zahlreiche Druckfehler und durch eine Ausdrucksweise stark gemindert, die das Denken des Lernenden nicht in die richtigen Bahnen zwingt. Beispiele: Erklärung des Doppel-Tarifs S. 23 „Man benutzt mehrere Zähler und berechnet den Strom zu einem verschiedenen Preis". Begriffserklärung S. 25 „Verkettungsfaktor ist die Phasenverschiebung zwischen Null- und Außenleiter". Frage S. 82 „Wie stark muß bei beweglichen Leitungen der Querschnitt des mitgeführten Nulleiters sein? Antwort: Nulleiterquerschnitt mindestens 4 mm²". Aufgabe S. 80 „— — — — Da durch die Übersetzung Leistungsverluste, und zwar pro Übersetzung je 6% entstehen, muß noch der Wirkungsgrad der Übersetzung berücksichtigt werden, zu dem noch der Wirkungsgrad des Generators tritt". Diese, im Verhältnis des Vorkommens geringe Zahl von Beispielen deuten auch auf die Sorgfalt in der Wahl der Ausdrucksweisen hin: „Pro steht meist an Stelle des selten verwendeten Je; wie ist statt als verwendet; Energie oder Strom statt Arbeit oder Leistung u.s.w." Selbst von groben Unrichtigkeiten ist das Buch nicht frei, z. B. Aufgabe 18 S. 20 „Ein Gleichstrommotor besitzt einen Ankerwiderstand von 1 Ohm, wobei die Bürstenspannung 220 Volt beträgt. Wie groß ist der Ankerstrom? — Lösung: $\frac{220}{1} = 220$ A." Auf belehrende Bücher sollte mehr Sorgfalt verwendet werden. K. Krohne VDE.

DK 531.8

Mechanik und Festigkeitslehre. Von Oberlehrer H. Jönck. (Kraftbetriebstechnische Bücherei.) Mit 322 Abb. u. 280 S. im Format 170 × 230 mm. Verlag der Deutschen Arbeitsfront, Berlin 1938. Preis kart. 5 RM., geb. 5,60 RM.

Das vorliegende Buch ist der erste Band einer Reihe, die im Verlag der Deutschen Arbeitsfront herausgegeben wird und zur planmäßigen Schulung und Heranbildung von Betriebstechnikern und -leitern im Rahmen des Vierjahresplanes dienen soll. Gerade bei der heutigen Frage der Rationalisierung beim Einsatz unserer deutschen Arbeitskräfte ist es notwendig, für weitere geeignete Ausbildungsmöglichkeiten der jungen und auch der älteren Gefolgschaftsmitglieder zu sorgen. Das vorliegende Buch dient diesem Zweck in vorbildlicher Weise. Der Verfasser — als Fachlehrer an einer Marinefachschule für Technik vertraut einerseits mit den mannigfaltigsten technischen Fragen, andererseits mit den auftretenden didaktischen Schwierigkeiten — ist wohl wie kein zweiter geeignet, diese Bücherserie zu beginnen; denn gerade das Kriegsschiff ist ein Musterbeispiel kompliziertester Technik, bei dem Überbeanspruchungen und Betriebsschwankungen an der Tagesordnung sind.

Der vorliegende Band behandelt im 1. Teil die Mechanik, also die Bewegungslehre, Statik und Dynamik fester und flüssiger Körper. Der zweite Teil ist der allgemeinen Festigkeitslehre gewidmet. Es wurde weniger Wert auf die Ableitung von Formeln gelegt als darauf, eine verständnisvolle Anwendung an Beispielen verschiedenster Art zu zeigen. Diese Beispiele sind stets aus der Praxis und Betriebserfahrung gewählt und gestatten eine unmittelbare Übertragung auf dem Leser begegnende praktische Fälle. Integrationen sind vermieden. Vielseitige Tafeln geben Zahlenwerte von Konstanten, die in die Formeln eingehen und für die Lösung der Aufgaben notwendig sind. Auch ist weiteres Schrifttum angegeben. Eine kleine Aufgabensammlung, an Hand derer sich der Leser üben kann, beschließt das Buch. Wollen wir wünschen, daß dieses — übrigens sehr preiswerte — Werk durch weite Verbreitung unter den jüngeren und älteren Technikern sehr zum Nutzen unserer deutschen technischen Entwicklung beitragen mag. F. H. Müller.

DK 669.71/.72

Fortschritte auf dem Gebiete der Leichtmetalle 1936/1937. Von Dr. F. Blank. (Beiträge zur Wirtschaft, Wissenschaft und Technik der Metalle und ihrer Legierungen, Heft 7). Mit 30 S. im Format A 4. N.E.M.-Verlag, Berlin 1938. Preis geh. 6 RM.

Der Verfasser gibt im vorliegenden Heft eine gute Übersicht über die auf dem Gebiet der Leichtmetalle geleisteten Forschungen. Dazu wird das in- und ausländische Schrifttum der Jahre 1936 und 1937 herangezogen. Die Arbeiten sind kurz besprochen unter Wiedergabe der wichtigsten Forschungsergebnisse. In sehr geschickter Weise sind die die gleiche Aufgabe behandelnden Aufsätze zusammengestellt, so daß der Leser sich schnell über den Stand der ihn interessierenden

Fragen unterrichten kann. Berichtet wird über: Allgemeines, Herstellung, Konstitution, physikalische, mechanische und technologische Eigenschaften, Vergütung, Korrosion und Korrosionsschutz, Gießereiwesen und Öfen, Bearbeitung und Verbindungsarbeiten, Analyse, Verwendung. Die Schrifttumsübersicht mit den genauen Quellenangaben ist sehr zu empfehlen.
A. Thum.

EINGÄNGE.

(Ausführliche Besprechung vorbehalten.)

Bücher.

Elektrische Schweißung. Erläuterungen zu den Tafeln Es 1—12. Erarbeitet und herausgeg. vom Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwesen (DATSCH) E. V. 5. Aufl. Mit zahlr. Abb. u. 51 S. im Format A 5. Verlag von B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1938. Preis kart. 1,20 RM.

[Die Erläuterung der Schultafeln ist in kurzer, gut verständlicher Sprache abgefaßt. Über die Auswahl des Stoffes kann man verschiedener Meinung sein; z. B. fehlt meines Erachtens die bemerkenswerte Streupolmaschine, System Lankau. Ferner ist der Kondensator, der heute fester Bestandteil des Schweißumspanners geworden ist, nicht erwähnt; ferner die primäre Umschaltung des Umspanners bzw. des Umformers auf verschiedene Netzspannungen durch Hintereinander- bzw. Parallelschaltung von Spulengruppen. Die auf Seite 32 und 33 gegebene Kennzeichnung der verschiedenen Umformersysteme ist, obgleich meisterhaft kurz und ausdrucksvoll, wohl nur dem geschulten Elektro-Ingenieur, aber keinem Schweißfachmann verständlich, geschweige einem Schweißer oder Schüler, und könnte deshalb wohl fehlen.] I. C. F.

Anleitung zum Lichtbogenschweißen. Ausführungsbeispiele. Teil IIa. Erarbeitet vom Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwesen (DATSCH) E. V. 3. veränd. Aufl. Mit zahlr. Abb., 10 S. u. 25 Blättern m. Abb. im Format A 5 Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1938. Preis kart. 1,75 RM.

[Alle gewählten Beispiele aus den verschiedenen Fertigungszweigen sind treffend und meisterlich gewählt und so erläutert, daß jeder, der schweißen und Zeichnungen lesen kann, danach ohne weiteres arbeiten kann. Für die künftige Auflage möchte ich vorschlagen, bei der Aufzählung der Elektroden „getaucht oder gepreßt" zu schreiben, denn die Preßmantelstäbe setzen sich immer mehr durch. Bei dem elektrisch kalt geschweißten Lager wäre eine später zu bearbeitende Stelle mit „feilenweich" — Elektroden anzugeben. Beim Einschweißen des Stutzens in den gewölbten Boden schneidet man den Stutzen vorteilhaft schräg, damit sich kein Sack bildet, der das Entleeren erschwert.]
J. C. F.

Hilfsbuch für Elektropraktiker. Begründet von H. Wietz und C. Erfurth. Neubearb. von H. Krieger und H. Bornemann. 31. Aufl. 2. Teil. Mit 239 Abb. u. 344 S. im Format 110 × 165 mm. Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig 1938. Preis geb. 4 RM.

[Das Büchlein wird den Zweck, für den es bestimmt ist, vollauf erfüllen. Der Installateur und der Elektromonteur finden Anweisungen über die Schaltung von Motoren, über den Freileitungsbau, über Schaltanlagen usw. stets mit dem Hinweis auf die betreffenden VDE-Vorschriften. Einige Kapitel hätten zugunsten anderer länger ausfallen können, so z. B. das über „Erdung", das mit nur 5 Zeilen abgetan ist, obwohl es für den Elektropraktiker sehr wichtig ist. Gegenüber der alten Auflage sind neue Abschnitte hinzugekommen: Stromrichter, lichttechnische Begriffe, Gasentladungslampen, elektrische Schweißung, Elektrolyse und Schutzmaßnahmen. Der erste Abschnitt über die Grundgesetze des elektrischen Stromes macht das Büchlein noch wertvoller.] s.

Grundlagen der Werkzeugbewirtschaftung. Herausg. vom Ausschuß für wirtschaftliche Verwaltung beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit (RKW-Veröffentlichung Nr. 92). Mit 42 Abb., VI u. 67 S. im Format A 5. Verlag G. A. Gloeckner, Leipzig 1938. Preis geh. 3,80 RM.

[Diese Schrift ist ein weiterer Beitrag zur Hebung der Leistung und Förderung der Wirtschaftlichkeit unserer Betriebe und behandelt Beschaffung, Pflege, Instandhaltung, Lagerung, Buchung und Kostenverrechnung der Werkzeuge. Zahlreiche Abbildungen geben neue Anregungen.]

Berechnung elektrischer Leitungsquerschnitte unter besonderer Berücksichtigung der Austauschwerkstoffe für Kupfer. Von F. Weickert. 15. neubearb. Aufl. Mit 17 Abb., IV u. 60 S. im Format A 5. Dr. Max Jänecke Verlagsbuchhandlung, Leipzig 1938. Preis kart. 1,20 RM.

[Fast in jedem Jahr erscheint eine Neuauflage dieses Buches, das allgemeinverständlich die Grundzüge für die Berechnung von Leitungsquerschnitten bringt und an Hand von 34 Beispielen die am häufigsten vorkommenden Fälle durchrechnet. Die neusten VDE-Errichtungsvorschriften und VDE-Umstellvorschriften sind berücksichtigt.]

Erläuterungen zum Versuchsgerät Fernmeldetechnik. Etwa 50 Versuche. Bearb. u. herausg. von Ing. B. Brauns. Mit 51 Abb. u. 36 S. im Format A 5. Selbstverlag des Verfassers, Berlin 1938.

[In diesen Erläuterungen sind 48 Versuche aus dem Gebiete der Schwachstromtechnik beschrieben, die sich mit dem Versuchsgerät „Fernmeldetechnik" des DATSCH durchführen lassen. Die Versuche sind anregend und geschickt zusammengestellt und machen den Schüler, der allerdings die Grundzüge der Elektrotechnik kennen muß, auf lehrreiche und lebendige Art mit der Fernmeldetechnik vertraut.]

Spione, Verräter, Saboteure. Eine Aufklärungsschrift für das Deutsche Volk. Herausgegeben im Einvernehmen mit dem Oberkommando der Wehrmacht vom Reichsamt Deutsches Volksbildungswerk. (Hillgers Deutsche Bücherei Nr. 650/51.) Mit 64 S. im Format 135 × 210 mm. Verlag Hermann Hillger, Berlin und Leipzig 1938. Preis Ausgabe A geh. 0,35 RM, Ausgabe B mit Leinenrücken 0,60 RM.

[Diese Schrift gehört in die Hand eines jeden Deutschen. Besonders jeder in der Industrie Tätige sollte sie lesen, um aus den angeführten Beispielen zu erkennen, wie der ausländische Nachrichtendienst heute arbeitet und von welchem Wert selbst die kleinste und scheinbar nichtssagende Nachricht sein kann.]

Atomphysik. Von Prof. Dr. K. Bechert und Prof. Dr. Ch. Gerthsen. Teil 1: Allgemeine Grundlagen. Mit 52 Abb. u. 149 S. Teil 2: Theorie des Atombaus. Mit 23 Abb. u. 174 S. Format 110 × 160 mm. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1938. Preis je Band geb. 1,62 RM.

Sichtbares und unsichtbares Licht. Von Prof. Dr. E. Rüchardt. (Verständliche Wissenschaft, Bd. 35). Mit 135 Abb., VII u. 175 S. im Format 120 × 185 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1938. Preis geb. 4,80 RM.

Handbuch der künstlichen plastischen Massen. Herstellung und Eigenschaften künstlicher plastischer Massen und ihre Verwendung zu industriellen Zwecken. Systematische Patentübersicht. Von Dr. O. Kausch. 2. Aufl. Mit 584 S. im Format 180 × 230 mm. J. F. Lehmanns Verlag, München u. Berlin 1939. Preis kart. 28 RM, geb. 30 RM.

Spontaneous Fluctuations of Voltage due to brownian motions of electricity, shot effect, and kindred phenomena. (Oxford Engineering Science Series). Von E. B. Moullin. Mit 88 Abb., VIII u. 251 S. im Format 160 × 240 mm. Oxford University Press, London E. C. 4, Amen House, Warwick Square, 1938. Preis geb. 17 s 6 d.

Grundbegriffe und Hauptsätze der höheren Mathematik. Insbesondere für Ingenieure und Naturforscher. Von Prof. Dr. G. Kowalewski. Mit 40 Fig. u. 156 S. im Format 160 × 235 mm. Verlag W. de Gruyter & Co., Berlin 1938. Preis geb. 5 RM.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dipl.-Ing. R. Foitzik VDE, Berlin-Siemensstadt, Schwiegersteig 18.
Dipl.-Ing. K. Madsen VDE, Berlin-Pankow, Tirolerstr. 70 (Schwarze).
Dr.-Ing. A. L. Müller VDE, Dresden-A., Helmholtzstr. 3b.
Dipl.-Ing. L. Wallner, Berlin-Siemensstadt, Grammestr. 9.

Abschluß des Heftes: 27. Januar 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 9. Februar 1939 | Heft 6

Überspannungserscheinungen in einem Mittelspannungsnetz.

Von O. Schroeder VDE, München.

DK 621.316.1.015.3

Übersicht. An Hand von betriebsmäßig aufgetretenen Erscheinungen wird gezeigt, welche Bedeutung der Isolationsfestigkeit und den Erdungsverhältnissen in Hochspannungsanlagen zukommt und welche Maßnahmen zur Schadenverhütung getroffen werden können.

Vor einigen Jahren wurde die Transformatorenstation W. einschließlich der zu ihr führenden Speiseleitung einem vollkommenen Um- bzw. Neubau unterzogen. Der gesamten Leitungsanordnung liegt folgendes Schaltbild zugrunde (Abb. 1).

Auf dem eisernen Gestänge einer verbundgespeisten Fernleitung, deren Mastabstände etwa 70 m betragen, sind zwei Leitungssysteme verlegt, und zwar eine einpolige Einphasenleitung zu 15 kV mit Erde als Rückleitung und eine Drehstromleitung mit 20 kV Betriebsspannung. Zur Isolation dienen Delta-Isolatoren, sie sind zu je zwei auf Traversen übereinander angeordnet (Abb. 2). Von der 20 kV-Fernleitung führt eine 800 m lange Stichleitung zu der genannten Transformatorenstation W. Diese Stichleitung bestand vor dem erwähnten Umbau aus 3 × 35 mm² Eisenseil, verlegt auf Delta-Isolatoren für 20 kV, zweiteilig, Baujahr 1922; nach dem Umbau aus 3 × 25 mm² Kupferseil, aufgehängt an zweigliedrigen Vollkernisolatorenketten der Type VK 1. Der Umbau der 1922 errichteten Transformatorenstation erstreckte sich im wesentlichen auf eine möglichst weitgehende Anpassung der Anlagen an die derzeit geltenden Verbandsvorschriften. Allerdings muß betont werden, daß die bereits vorhandenen Stützisolatoren (Baujahr 1922, Type 20 000 V, Außenkittung der Kopfarmatur, Innenkittung der Fußarmatur), soweit dieselben äußerlich keine Beschädigung zeigten, aus Sparsamkeitsrücksichten wieder verwendet wurden.

Abb. 1. Grundschaltbild der Hochspannungsanlage.

Abb. 2. Leiteranordnung am Mast der Fernleitung.

Aufgetretene Zerstörungen.

Bereits einige Monate nach Inbetriebnahme der auf Kettenaufhängung umgestellten Stichleitung und der umgebauten Transformatorenstation traten in unregelmäßigen Zeitabständen sowohl in der Transformatorenstation selbst als auch in den am Ortsnetz angeschlossenen Häusern Überspannungserscheinungen auf, die teilweise von explosionsartigen Erscheinungen begleitet waren. Im Verlauf von eineinhalb Jahren konnten insgesamt fünf derartige Fälle einwandfrei festgestellt werden. Es war hierbei auffällig, daß die Mehrzahl der Überspannungen bei Sonnenschein, wolkenlosem Himmel und vollkommener Windstille auftrat; diese Tatsache ließ darauf schließen, daß die Ursachen für diese Erscheinungen nicht in atmosphärischen Vorgängen zu suchen waren.

In der Transformatorenstation traten bei fast sämtlichen Überspannungen die gleichen Zerstörungen auf: Die 12 A-Sammelschienen-Hochspannungs-Hochleistungssicherungen brannten durch, in einem Fall sogar unter explosionsartiger Erscheinung; an jeweils zwei Hochspannungshörnerableitern mit 24 mm Entfernungseinstellung traten Flammenbogen bis zu 1,50 m Höhe auf; die Eisenkappen der Porzellanstützer wiesen Schmelzperlen auf, an verschiedenen Stellen war sogar die Glasur geschmolzen. Das Ende des einen aus 8 mm-Rundkupfer bestehenden Hornes war abgeschmolzen. Die Niederspannungs-Schmelzstreifensicherungen brannten meist ausnahmslos durch, die je Niederspannungsabzweig eingebauten neuzeitlichen Überspannungsableiter zerbarsten teilweise in kleinste Porzellanscherben. Im Niederspannungs-Stationsschutzschalter schmolz der im Nullleiter eingebaute Bimetallauslöser samt den Befestigungsklemmen zu einem Metallklumpen zusammen. Weiterhin war besonders auffällig, daß an den Hochspannungssammel-

schienen Lichtbogenfußpunkte mit einem Abstand bis zu 1 m gegen Erde oder Phase feststellbar waren. Außerdem zeigte das Mauerwerk an den Stellen, wo die Konsoleisen der Hörnerableiter eingemauert waren, strahlenförmig schwarze Verbrennungen. Die beiden Umspanner selbst einschließlich deren Hochspannungssicherungen hatten keinerlei Beschädigungen erlitten.

Bei den im Ortsnetz aufgetretenen Überspannungserscheinungen war auffällig, daß die in Mitleidenschaft gezogenen Anwesen teilweise nicht unbeträchtlich voneinander entfernt lagen, und daß benachbarte Anwesen keinerlei Beschädigungen aufwiesen. Im einzelnen seien folgende hauptsächliche Zerstörungen erwähnt: Abschmoren der Klemmen der Hausanschluß- und Verteilungssicherungen, teilweise unter Zertrümmerung des gesamten Sicherungselementes, explosionsartiges Zerbersten der jeweils eingeschalteten Glühlampen, Zertrümmerung von Steckdosen, an denen Rundfunkgeräte angeschlossen waren, Durchbrennen von Klingeltransformatoren und Rundfunkempfängern, insbesondere ihrer Erdleitungen, desgleichen von Fernsprechgeräten und deren Zuleitungen. In einem Anwesen war nach Augenzeugenbericht die Überspannung von einem donnerartigen Knall begleitet, aus den unter Putz liegenden Abzweigdosen und von den aus Blech bestehenden Zählertafeln schlugen Stichflammen. Beim Hauptwasserhahn im Keller fand zwischen Wasserleitung und Mauerwerk ein Lichtbogenüberschlag statt, wodurch das Wasserrohr ein daumengroßes Loch erhielt, obwohl in dem Raum bzw. in Nähe des Hauptwasserhahnes sich keinerlei elektrische Leitungen befanden. Die einzelnen Erscheinungen dauerten teilweise bis zu einer Sekunde. Außer diesen kleineren, noch glimpflich abgelaufenen Störerscheinungen brannte sogar einmal ein Bauernhof infolge einer solchen Überspannung nieder. Eine am alten Dachgebälk unterhalb des Dachständers angebrachte Stahlblechsicherung hatte durch Explosion diesen Brand verursacht.

Abb. 3. Gesamtschaltbild.

Ursache der Überspannungen.

Für sämtliche Erscheinungen war bereits von Anfang an festliegend, daß es sich jeweils nur um gewaltsame Ausgleichvorgänge zwischen einem dauernd oder nur vorübergehend stromführenden Leiter und seiner Umgebung bzw. Erde handeln konnte. Die sowohl im Transformatorenhaus festgestellten Lichtbogenspannweiten bis zu 1 m als auch diejenigen in den Wohnhäusern bis zu 10 mm und mehr ließen darauf schließen, daß es sich dort um elektrische Ausgleichvorgänge beträchtlichen Ausmaßes gehandelt haben mußte. Wesentlich war insbesondere die Tatsache, daß die Überschläge von den spannungführenden Leitern nach ihrer Umgebung, wie Mauerwerk, Unterputz-Abzweigdosen, Wasserleitungsrohre, um so stärker waren, je niedriger der Erdungswiderstand dieser Punkte war. Die weitere Untersuchung mußte sich deshalb in erster Linie auf die Erdungsverhältnisse der gesamten, von der Überspannung betroffenen Leitungsteile erstrekken.

In der Transformatorenstation befanden sich zwei Erdleitungssysteme, die Hochspannungsschutz- und die Niederspannungsbetriebserdung (Abb. 3). An die Hochspannungsschutzerdung waren angeschlossen: Hochspannungs-Hörnerblitzschutz, Konsoleisen für Stützer und dergleichen, Umspannergehäuse, aber auch neuzeitliche Überspannungsableiter der abgehenden Ortsnetzleitungen. Die Erdleitung innerhalb der Station war verlegt in 30 × 4 mm verzinktem Flacheisen, außerhalb der Station in 50 mm² verzinktem Kupferseil, das zu einer 30 m entfernt liegenden 1 m² großen Erdplatte führte. Die Platte selbst war am Ufer eines Mühlbaches etwa 3 m tief in Mergel- und Lehmgrund eingegraben. Die Niederspannungsbetriebserdung, die an den Umspannernullpunkten angeschlossen war, bestand aus einer 50 mm² isolierten Zuleitung aus Kupfer zu einer ebenfalls in 3 m Eingrabtiefe liegenden 1 m² großen Erdplatte am bereits vorerwähnten Bachufer. Die Entfernung von der Hochspannungsschutzerde betrug 20 m. Außerdem war der Nulleiter an verschiedenen Stellen des Netzes mit örtlichen Wasserleitungen verbunden.

Zur Zeit der zuletzt festgestellten Störung wurden folgende Erdungswiderstände gemessen:

Hochspannungsschutzerde	19 Ω
Niederspannungsbetriebserde:	
Station (Erdplatte allein)	70 Ω
Station (einschl. Ortsnetz)	2 Ω
Querverbindung: Schutzerde/Betriebserde	
ohne Ortsnetz Nulleiter	98 Ω
mit Ortsnetz Nulleiter	22 Ω

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß die Erdungsverhältnisse des in Frage stehenden Gebietes infolge der geologischen Verhältnisse besonders ungünstig gelagert sind, und daß nur unter äußersten Schwierigkeiten und unter Aufwendung beträchtlicher Kosten Erdungen mit einem tragbaren Übergangswiderstand verlegt werden können.

Im Hinblick auf die hohen Werte der Erdungswiderstände lag die Vermutung nahe, daß durch Erdschlüsse der angeschlossenen Fernleitungen zwischen den verschiedenen Erdern gefährliche Spannungsunterschiede aufgetreten waren, die zu den geschilderten Störungen führten. Die angestellten Kurzschlußversuche haben diese Vermutung jedoch nicht bestätigt.

Für die Auffindung der Entstehungsursache der Überspannungen und die anzustellenden Versuchsschaltungen war folgende Tatsache von wesentlicher Bedeutung: Es konnte durch Augenzeugen und Umfragen festgestellt werden, daß in fast sämtlichen Fällen, in denen Störerscheinungen der vorgeschilderten Art aufgetreten waren, nachweislich durch Vögel eingeleitete Lichtbögen an den Fernleitungen beobachtet wurden, die zu Schalterauslösungen beider Fernleitungssysteme in den benachbarten Kraftwerken geführt hatten. Um zu einer einwandfreien Bestätigung dieser vermuteten Entstehungsursache der Überspannungen, hervorgerufen durch Überbrückung der beiden Leitungssysteme zu gelangen, war es erforderlich, die entsprechenden Verbindungen künstlich herzustellen und deren Einwirkung auf die Schaltanlagen der fraglichen Transformatorenstation zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurde die aus Abb. 4 ersichtliche Meßanordnung vorgenommen.

Abb. 4. Meßschaltung

An die Sammelschienen der Transformatorenstation wurde ein Klydonograph dreiphasig angeschlossen zur Messung der auftretenden Phasenspannungen gegen Erde; weiterhin wurde in den Leitungszug der Schutzerdung ein Dreischleifenoszillograph eingebaut zur Messung des Erdstromes. Der Ortsnetzschalter wurde geöffnet, desgleichen die Ortsnetzsicherungen entfernt, damit allenfalls auftretende Spannungsstörungen auf die Transformatorenstation beschränkt blieben. Hierauf wurde bei abgeschalteter Fernleitung in deren Leitungszug eine unmittelbare Verbindung zwischen einer Phase des 20 kV-Systems und der 15 kV-Einzelphase eingebaut. Als Überbrückung diente im ersten Fall ein dünner Schmelzdraht zur Erzeugung eines Lichtbogens, im zweiten Fall ein starker Kupferleiter zur Herstellung einer metallischen Dauerverbindung. Hierauf wurden die auf beide Leitungssysteme arbeitenden Kraftwerke eingeschaltet.

Im Transformatorenhaus erfolgte ein heftiger Knall mit starker Flammenbogenwirkung am Hörnerblitzschutz. Infolge des künstlich eingeleiteten Kurzschlusses trat auf der Hochspannungsseite eine Spannungserhöhung ein, hervorgerufen durch Überlagerung beider Spannungen und durch geringe Schaltüberspannungen, und zwar in Höhe von rd. 40 kV (Scheitelwert) gegen Erde, wie aus den Angaben des Klydonographen zu ersehen war. Diese Spannungserhöhung hatte die Hörnerfunkenstrecke (Entfernungseinstellung 24 mm) der überbrückten Phase zum Ansprechen gebracht. Statt einer Ableitung dieser Überspannung über den in Reihe mit der Funkenstrecke geschalteten Dämpfungswiderstand zur Erde erfolgte infolge ungenügenden Isolationswiderstandes der Stützer, auf denen die Funkenstrecke aufgebaut war, ein Überschlag auf die darunter befindliche eiserne Befestigungstraverse.

Die im Prüffeld vorgenommenen Versuche ergaben einen Efektivwert der Überschlagsspannung der Stützer von 72 kV. Ob allerdings die angestellten Prüffeldversuche auch den Verhältnissen im Wirklichkeitsfall entsprochen haben, ist nicht sicher festzustellen, da bei dem Prüffeldversuch nur technischer Wechselstrom zur Verfügung stand, ohne das Vorhandensein von höheren Oberwellen beträchtlicher Amplitude.

Infolge der auf die Erdschlußstelle mitarbeitenden, einpolig geerdeten 15 kV-Einphasenleitung entstand ein vollkommener Kurzschluß. Durch Ionisierung der umgebenden Luft erfolgte hierauf ein Überschlag auf die Nachbarphase, deren Hörnerfunkenstrecke nunmehr ebenfalls ansprach. Auch bei dieser Phase erfolgte wegen ungenügenden Isolationswiderstandes der Stützer ein Überschlag auf die eiserne Befestigungstraverse. Auf diese Weise wurde der vollständige Kurzschluß des 15 kV-Leistungssystems noch von einem zweiphasigen Erdschluß im 20 kV-Netz überlagert. Diese Tatsache geht einwandfrei aus einem dabei aufgenommenen Oszillogramm hervor. Der während sechs Halbwellen gemessene Scheitelstrom betrug 550 A. Nach dieser Zeit löste der Ölschalter des 15 kV-Systems aus, während die beiden Flammenbogen noch 104 Halbwellen mit einer Speisespannung von 20 kV und einer effektiven Stromstärke von 86 A weiter brannten, bis auch der Ölschalter des 20 kV-Netzes auslöste. Wenn man berücksichtigt, daß der gemessene Erdwiderstand der Hochspannungsschutzerde 19 Ω betrug, so errechnet sich bei einem Scheitelwert des Erdschlußstroms von 550 A ein Spannungsabfall von 10 400 V längs der Erdleitung gegen Erde, vorausgesetzt, daß der gemessene Erdwiderstand auch bei derartigen Strömen noch denselben Wert aufweist. Dieses hohe Spannungsgefälle hatte natürlich das Bestreben, auf den verschiedensten Wegen einen Ausgleich über gute Erde zu finden. Die Ausgleichströme innerhalb des Erdbodens waren hierbei derart stark, daß mehrere Personen, die während der Kurzschlußversuche in der Nähe der fraglichen Transformatorenstation mit gespreizten Beinen im nassen Gras standen, infolge der aufgetretenen Schrittspannung heftige körperlich fühlbare Wirkungen (Zusammensinken in den Beinen usw.) empfanden.

Bei einem weiteren Kurzschlußversuch wurde statt des Schmelzdrahtes eine starre Verbindung gewählt. Die hierbei gemessenen Zahlenwerte und Ergebnisse waren fast die nämlichen wie beim reinen Flammenbogenkurzschluß.

Die Auswirkung dieser bei beiden Versuchen aufgetretenen Störungen blieb lediglich auf die Transformatorenstation beschränkt, da aus Sicherheitsgründen, wie

bereits erwähnt, während der Versuche sämtliche Ortsnetzleitungen abgeschaltet waren.

Nachdem durch die Versuche erwiesen war, welche Entstehungsursache die geschilderten Überspannungserscheinungen hatten, die in ihrer Wirkung den tatsächlich aufgetretenen vollkommen glichen, war ebenfalls der Weg gefunden für die im Ortsnetz beobachteten Überspannungen. Die Versuche hatten gezeigt, daß im Falle einer Leitungsverbindung zwischen der Einzelphase des 15 kV- und einer Phase des 20 kV-Systems in der Transformatorenstation Spannungserhöhungen in Erscheinung traten, wodurch auf der Hochspannungs-Erdungsschiene ein Spannungsgefälle von schätzungsweise 10 400 V gegen Erde auftrat. Diese Spannungsdifferenz erklärt auch die eigenartig strahlenförmigen, schwärzlichen Figuren zwischen Eisenkonstruktionsteilen und dem Mauerwerk. Infolge des verhältnismäßig hohen Widerstandes der Schutzerde suchte sich nämlich die Überspannung gewaltsam weitere Ableitungswege zur Erde, teilweise über das Mauerwerk der Station selbst, teilweise über das Niederspannungsortsnetz. Der einfachste Weg hierzu führte über die Niederspannungsableiter, die ebenfalls an der Hochspannungsschutzerde angeschlossen waren. Diese wurden in umgekehrter Richtung von der Erdanschlußklemme aus mit Hochspannung beschickt und ihre innere Isolation, teilweite unter explosionsartiger Erscheinung, durchschlagen; die Hochspannung erhielt auf diese Weise freien Weg in das Ortsnetz. Ein weiterer Weg in das Ortsnetz führte über den Nulleiter; sowohl an der Niederspannungsschalttafel als auch im Stationsschutzschalter befanden sich die Klemmen der Phasen und des Nulleiters in verhältnismäßig geringem Abstand. Im Augenblick der Überspannung erfolgte ein Überschlag zwischen den über die Überspannungsableiter mit Hochspannung beschickten Phasen und dem Nulleiter, wodurch auch dieser hochspannungsführend wurde.

Diese hohe Spannung hatte nun im Ortsnetz ebenfalls das Bestreben, auf allen nur möglichen Wegen sich einen Ausgleich über Erde zu schaffen. Diese Tatsache erklärt auch die Erscheinung, daß die Überschläge um so stärker auftraten, je besser die Erdungen der Wasserleitungsrohre, Rundfunk- und Fernsprechgeräte in diesen Anwesen waren. Die gesamten Störungserscheinungen, sowohl im Transformatorenhaus als im Ortsnetz, stellen somit nichts anderes als gewaltsame Ausgleichvorgänge eines durch Erdschlußstrom hervorgerufenen hohen Spannungsgefälles dar.

Die angestellten Versuche haben weiterhin den Beweis erbracht, daß die geschilderten Überspannungserscheinungen ihre Entstehungsursache in Überbrückungen der beiden Freileitungssysteme (z. B. durch Vögel, in die Leitung hereinfallende Äste usw.) haben mußten, die infolge des unzureichenden Isolationswertes der Stützer in der Transformatorenstation und des hohen Übergangswiderstandes der Erdleitung die aufgetretenen Zerstörungen verursachten. Von wesentlichem Interesse ist in diesem Zusammenhang die Untersuchung der Frage, ob und inwieweit der vor mehreren Jahren vorgenommene Umbau der 20 kV-Stichleitung und der Transformatorenstation Schuld an den aufgetretenen Störungen trug oder ob die Überspannungen früher überhaupt nicht, sondern erst in den letzten Jahren aufgetreten sind und somit zeitlich zufällig mit dem Leitungsumbau zusammenfielen. Wenn man berücksichtigt, daß an der Fernleitung keinerlei Änderungen vorgenommen wurden, sondern daß lediglich Stichleitung und Transformatorenstation umgebaut wurden, anderseits aber die Überspannungserscheinungen bereits kurz nach der Inbetriebnahme der umgebauten Anlageteile beobachtet wurden, liegt folgende Vermutung nahe: Die Kurzschlüsse und die dadurch hervorgerufenen Überspannungen waren wahrscheinlich bereits früher schon aufgetreten, zur Auswirkung kamen sie jedoch erst seit dem Umbau. Die Gründe hierfür sind vermutlich in folgenden Tatsachen zu suchen:

1. Das bisher auf der Stichleitung aufgelegte, teilweise stark angerostete Eisenseil hatte gegenüber dem Kupferseil für auftretende Spannungserhöhungen eine stark dämpfende Wirkung.

2. Von den bisher auf der Stichleitung vorhandenen, durch Rostwasser stark verunreinigten Deltaisolatoren mit rd. 80 kV effektiver Nenn-Überschlagspannung in trockenem Zustand zeigte eine große Anzahl starke Verbrennungen infolge Überschlägen. Es ist somit ohne weiteres denkbar, daß im Falle von Spannungserhöhungen diese bereits auf der Freileitung über die Isolatoren zur Erde abgeleitet wurden, ohne überhaupt in das Transformatorenhaus selbst zu gelangen. Bei den nachherig eingebauten Vollkernisolatoren mit einer effektiven Trockenüberschlagspannung von 130 kV waren derartige Überschläge unmöglich.

3. Die Hörnerableiter waren bisher auf einem Holzbalken montiert. Infolge der Versetzung der Ableiter auf eine Eisentraverse wurde der Isolationswert der Stützer gegen Erde herabgesetzt.

4. Die Erdung des Nulleiters im Ortsnetz war vor dem Umbau nur sehr mangelhaft durchgeführt. Anläßlich des Umbaus wurde der Nulleiter an mehreren Stellen an ein weitverzweigtes Wasserleitungsnetz mit einem Erdwiderstand von rd. 2 Ω angeschlossen. Infolge der hierdurch eingetretenen Verbesserung der Betriebserde gegenüber der Schutzerde suchte sich die Überspannung den Weg des geringeren Ableitungswiderstandes zur Erde, weshalb ein Überschlag von der Schutzerdung auf die Betriebserdung und Fortleitung der Hochspannung auf das Ortsnetz erfolgte.

Die eingangs gestellte Frage kann somit dahingehend beantwortet werden, daß die Spannungsstörungen wahrscheinlich in den früheren Jahren bereits aufgetreten, infolge der Abänderung des bisherigen Zustandes der Leitungsanlagen aber erst dadurch zur vollen Auswirkung gelangt sind; eine Wirkung des Um- bzw. Neubaus, die keineswegs vorauszusehen war.

Zum Schlusse sollen noch in Kürze allgemeine Folgerungen gezogen werden, die sich aus den angestellten Versuchen und Beobachtungen ergeben:

1. Die aufgetretenen Überspannungserscheinungen haben einwandfrei die Bedeutung möglichst niedriger Erdungswiderstände, insbesondere für die Schutzerdung erwiesen, weiterhin die Notwendigkeit der laufenden Überwachung ihres jeweiligen Widerstandswertes.

2. Strenge Durchführung der Trennung zwischen Schutz- und Betriebserdung. Beseitigung der vielfach bei ländlichen Transformatorenstationen heute noch anzutreffenden Verbindungen zwischen Niederspannungsnullpunkt, Umspannergehäuse und Überspannungsschutz. Bei Anlagen mit häufig auftretenden Überspannungen erscheint die Führung einer eigenen Erdleitung zum Anschluß der Hochspannungs-Überspannungsableiter als empfehlenswert.

3. Wenn auch der Einbau von Überspannungsableitern im Niederspannungskreis innerhalb der Transformatorenstationen unleugbare Vorteile bezüglich Einfachheit der Montage und der laufenden Kontrolle der Ableiter aufweist, so erscheint dennoch im allgemeinen deren Verlegung außerhalb des Gebäudes als dringend empfehlenswert; insbesondere ist ihr Anschluß an die Hochspannungsschutzerde zu vermeiden.

4. Neben dem Einbau von Überspannungsschutzgeräten trägt die Verwendung von Isolatoren erhöhter Überschlagsspannung in der Station wesentlich zur Erhöhung der Betriebssicherheit der Stromversorgung bei.

Unter Berücksichtigung obiger Schlußfolgerungen wurde nun auch der Umbau des Fernleitungs-Gestänges und der Transformatorenstation vorgenommen.

1. Bei der Fernleitung wurden die Phasenabstände entsprechend vergrößert, die Deltaisolatoren durch Stabisolatoren ersetzt.

2. Mit Hilfe einer ausgedehnten Oberflächenerdung wurde der Erdungswiderstand der Schutzerde in der Transformatorenstation von bisher 19 Ω auf rd. 8 Ω verbessert.

3. Die bisherigen Stützisolatoren (ehemalige Type für 20 000 V), auf denen die Funkenstrecke in der Transformatorenstation aufgebaut war, wurden gegen Stützer der Reihe 30 ausgewechselt.

4. Die Überspannungsableiter des Ortsnetzes wurden aus dem Transformatorenhaus entfernt und in einer Entfernung von rd. 40 m auf Holzmaste verlegt.

Zusammenfassung.

Die auf einer Mittelspannungs-Drehstromleitung durch Schluß mit einer benachbarten, einpolig geerdeten Einphasenleitung hervorgerufene Überspannung hat sowohl in der Transformatorenstation als auch in dem angeschlossenen Ortsnetz infolge ungenügender Erdungsmaßnahmen beträchtlichen Schaden durch Überspannungen verursacht. Meßtechnische Untersuchungen und Maßnahmen zur Abhilfe wurden näher ausgeführt.

Indirekte Prüfverfahren von Schaltern in Italien.

Von **E. Pugno Vanoni** und **G. Someda**, Padua.

DK 621.316.5.062.001.5

Übersicht. Versuche über indirekte Prüfverfahren von Schaltern, welche in den letzten Jahren in Italien durchgeführt wurden, werden zusammenfassend beschrieben. Die Verfahren beziehen sich entweder auf die Überlagerung von Spannungsstößen über Industriefrequenz oder auf das Studium des Verhaltens eines Schalters, wenn er einen Gleichstromkreis von angepaßtem induktiven Scheinwiderstand öffnet.

Mit Bezugnahme auf die erschienenen interessanten Veröffentlichungen von Erwin Marx[1]) und den anschließenden Meinungsaustausch[2]), sowie auf eine neuere Arbeit von J. Biermanns[3]) wird eine neue zusammenfassende Darstellung der in Italien angestellten Versuche über die indirekten Prüfverfahren von Schaltern gegeben.

Die Versuche in Italien[4]) begannen zu Anfang des Jahres 1935 auf Grund eines Vorschlages des Ingenieurs G. Scarpa, sich bei der Prüfung von Ölschaltern zweier Quellen elektrischer Energie zu bedienen, und zwar einer niederfrequenten zur Speisung des Unterbrecherstromes und einer hochspannungshochfrequenten, die geeignet ist, den Lichtbogen beim Durchgang des Stromes durch den Nullwert wieder zu zünden. Die ersten Versuche wurden im Sommer 1935 in Venedig im Laboratorium der „Società Adriatica di Elettricità" angestellt und später im elektrotechnischen Laboratorium der Kgl. Universität Padua fortgesetzt.

Diese Versuche[5]) entwickelten sich nach zwei verschiedenen Richtungen:

1. Verfahren zu finden, die es gestatten, im Schalter den normalen Betriebsbedingungen entsprechende Versuchsbedingungen zu erreichen;

2. Verfahren auszuarbeiten, mit deren Hilfe man die Hauptkennlinien dieser Geräte einzeln festlegen und so auf ihr Verhalten im Betrieb schließen kann.

So können diese Versuche, welche die obengenannten Zwecke verfolgen, in zwei Gruppen eingeteilt werden:

a. Prüfverfahren mittels Unterbrechung eines Wechselstromes;

b. Prüfverfahren mittels Unterbrechung eines Gleichstromes in einem stark induktiven Stromkreise.

Die Versuche der Gruppe a wurden anfänglich nach Vorschlägen von Ing. Scarpa durchgeführt, indem man als Hochfrequenzstromquelle zuerst einen gedämpften Schwingungserzeuger und nachher einen Poulsenschen Generator anwandte. So wurde festgestellt, daß durch das Zusammenwirken dieser beiden Stromquellen zwar erhöhte Beanspruchungen im Schalter auftraten, aber auch gefunden, daß auf diese Weise zur Erzielung guter Ergebnisse Hochfrequenzgeneratoren von äußerst großer Leistung erforderlich sind. Daher verwandte man zur Erzeugung der wiederkehrenden Spannungen die von Kondensatoren gelieferten Spannungsstöße, welche mit der gewünschten Polarität genau in dem Augenblicke des Nullwertes des niederfrequenten Wechselstromes erzeugt wurden.

A	Stromquelle mit Industriefrequenz	D	Synchronisierungsvorrichtung
B	Erzeuger der Spannungsstöße	I	Prüfschalter
C_i	Kondensator, der den Hochfrequenzkreis schließt	T_a	Stromwandler
		T_i	Hochfrequenztransformator

Abb. 1. Anlage für indirekte Prüfung der Schaltgeräte.

Dies kann auf verschiedene Weise geschehen; ein Beispiel ist in Abb. 1 gegeben. Darin bedeutet A die Stromquelle mit Industriefrequenz; diese liefert den zu unterbrechenden Strom unter einer Spannung, die zur Erhaltung des Lichtbogens genügt; B ist der Erzeuger der Spannungsstöße, welche die wiederkehrende Spannung im Stromkreise vorstellen und die Wiederanzündung des Lichtbogens bewerkstelligen sollen; D ist die Synchronisierungsvorrichtung, die diese Stöße in den entsprechenden Zeitpunkten erfolgen läßt; I ist der Prüfschalter.

Die Gruppe, die in Abb. 1 mit A bezeichnet wird, ist einer Versuchsanordnung für direkte Prüfungen von Schaltern vollkommen ähnlich. Sie besteht daher aus einem System Wechselstromerzeuger – Transformator, das im entsprechenden Zeitpunkte über den Prüfschalter kurzgeschlossen wird und dessen Kurzschlußstrom durch den letzteren ausgeschaltet werden kann. Der einzige Unter-

[1]) Erwin Marx, ETZ 57 (1936) S. 583.
[2]) ETZ 58 (1937) S. 724.
[3]) J. Biermanns, ETZ 59 (1938) S. 165.
[4]) E. Pugno Vanoni, G. Someda, G. Fracanzani, M. Mainardis, R. Marin, Elettrotecnica 23 (1936) S. 392.
[5]) G. Someda, Rendiconti XLI Riunione annuale Associazione Elettrotecnica Italiana. Roma, Oktober 1936; E. Pugno Vanoni, G. Someda, CIGRE 1937, Ber. 130.

schied zwischen dieser Schaltung und der Schaltung für direkte Prüfungen, abgesehen von der geringen Leistung, ist die Anwesenheit eines aus Induktivität und Kapazität gebildeten Sperrkreises, der die vom Stromkreise B hervorgerufenen Spannungsstöße nicht an den Wechselstromerzeuger herankommen läßt.

C_1, C_2, C_3, C_4 Kondensatoren zur Erzeugung der Stöße
C_i Kondensator, der den Hochfrequenzkreis schließt
S Funkenstrecke, gesteuert von der Synchronisierungsvorrichtung D
T_e, V_1, V_2 Hochspannungsgleichrichter
T_i Hochfrequenztransformator
d_1, d_2, d_3, d_4 Umschalter

Abb. 2. Schaltung eines Stoßgenerators.

Der Stoßgenerator (B in Abb. 1) kann auf verschiedene Weise gebildet werden, wie z. B. aus einem Kondensator, der mit einer zu der von dem Wechselstromerzeuger gebildeten Spannung synchronisierten EMK geladen ist; dieses Verfahren erfordert aber die Aufnahme einer bedeutenden kapazitiven Scheinleistung.

E_1, E_2 Vorspannungsbatterien für die Gitter
R Widerstand zur Verhinderung der vorzeitigen Zündung von S
S Funkenstrecke
T_1, T_2 Thyratronröhren
T_a Stromwandler zur Steuerung der Gitter von T_1, T_2
t_a, C, C Spannungsquelle
t_i Hochfrequenztransformator

Abb. 3. Synchronisierungsvorrichtung.

Da in den neuzeitlichen Schaltern der Lichtbogen nicht so häufig wiederentzündet wird, ist es von Vorteil, mittels Kondensatoren, die unter Gleichspannung geladen werden, eine Reihe von aufeinanderfolgenden Stößen zu erzeugen; die Abb. 2 zeigt ein solches Schaltbild mit vier Kondensatoren (C_1, C_2, C_3, C_4), die von einem Hochspannungsgleichrichter gespeist werden (T_e, V_1, V_2). Ein zu dem Wechselstromerzeuger synchroner Umschalter schaltet dieselben hintereinander an die Primärwicklung des Hochfrequenztransformators T_i über eine Funkenstrecke S (mit drei Elektroden), die von der Synchronisierungsvorrichtung D gesteuert wird. Die Sekundärwicklung von T_i ist ihrerseits mit dem Unterbrecherkreis I in Reihe geschaltet. In dieser Schaltung bleiben, so lange die Funkenstrecke S von der Synchronisierungsvorrichtung nicht erregt wird, die Kondensatoren geladen; in vorher bestimmten Zeitpunkten werden vier aufeinanderfolgende Entladungen von bedeutender Energie erzeugt, die über die Sekundärwicklung von T_i ihre Überspannungen wirken lassen.

Den empfindlichsten Teil der Schaltung bildet die Synchronisierungsvorrichtung; diese muß mittels der Funkenstrecke S die Spannungsstöße gerade in dem Augenblicke erzeugen, in welchem beim natürlichen Betrieb des Schalters die wiederkehrende Spannung entsteht. Diese Synchronisierungsvorrichtung kann auf verschiedenen Grundgedanken beruhen; es wurden Anordnungen von Synchronisatoren geprüft, bei denen die nachfolgenden Erscheinungen das Ansprechen von S bewirkten:

a. die Überspannung, die in dem Hauptstromkreise beim Durchgang des Stromes durch den Nullwert entsteht ($L\,di/dt$);
b. die Änderung, die der Strom in diesem Bereiche erfährt (di/dt);
c. den Augenblickswert des Stromes.

Abb. 4. Spannungsverlauf beim Öffnen des Prüfschalters. Stoßgenerator B (Abb. 1) nicht in Betrieb.

Nach zahlreichen Versuchen[6]) hat sich dieses letzte Verfahren, das in Abb. 3 dargestellt ist, als das erfolgreichste erwiesen. Ein Stromwandler T_a, dessen Primärwicklung mit dem Schalterstromkreis in Reihe geschaltet ist, erzeugt in dem in seine Sekundärwicklung eingeschalteten Widerstand Spannungen, welche zu dem Strome in seinem Primärkreis proportional sind.

Diese so erzeugten Spannungen werden an das polarisierte Gitter von zwei Dreielektrodenröhren (T_1, T_2) angelegt, und zwar derartig, daß diese hintereinander in beliebigen Zeitpunkten, die dem Nullwerte des Stromes vorangehen, folgen oder mit ihm zusammenfallen, angelassen werden können. Wenn eine Triode leitend wird, so entlädt sich der entsprechende Kondensator in die Primärwicklung des Transformators t_i, dessen Sekundärwicklung der dritten Elektrode der Funkenstrecke S einen Spannungsstoß erteilt und so die Zündung des Lichtbogens bewirkt. Damit S nicht anspricht, bevor der Schalter den Stromkreis geöffnet hat bzw. bevor die von B gelieferte Überspannung zur Wiederentzündung des Lichtbogens nötig ist, wurde in die Sekundärwicklung von t_i ein Widerstand geschaltet, dessen Stromkreis durch eine mechanische Verbindung mit dem beweglichen Teil des Prüfschalters geöffnet wird.

Die bis heute durchgeführten Versuche haben befriedigende Ergebnisse gezeitigt, wie es die Oszillogramme der Abb. 4 und 5 zeigen. Das Oszillogramm der Abb. 4 zeigt den Verlauf der Spannung, wenn der Stromkreis B nicht in Betrieb ist; der Lichtbogen wird nur einmal wiedergezündet. Ist der Stromkreis B in Betrieb, so nimmt die Spannung einen Verlauf, wie er in Abb. 5 ersichtlich ist. Daraus ergibt sich, daß der Spannungsstoß

[6]) C. Carli, la Ricerca Scientifica Nr. 3, 4 (1938).

eine zweite und dritte Wiederzündung des Lichtbogens bewirkt, der sodann während der ganzen folgenden Periode erhalten bleibt.

Eine weitere Erhöhung der von *B* gelieferten Spannung konnte zwar eine Wiederzündung bewirken, aber die von *A* herrührende Spannung genügte nicht mehr, um unter diesen Umständen den Lichtbogen zu erhalten (großer Elektrodenabstand), und daher erfolgt sofort nach dem Verschwinden des Stromimpulses die Unterbrechung des Stromes.

Abb. 5. Spannungsverlauf beim Öffnen des Prüfschalters. Stromkreis *B* (Abb. 1) in Betrieb.

Dieselbe Vorrichtung gestattet es auch, die Wiederherstellung des Isolationsvermögens im Schalter zu untersuchen, da die beschriebene Synchronisierungsvorrichtung den Spannungsstoß mit jeder beliebigen Verzögerung nach dem Nullwerte des Stromes herbeiführen kann.

Das Oszillogramm der Abb. 6 zeigt in der Tat, wie der verzögerte Spannungsstoß den Lichtbogen nicht mehr entzünden kann, da in der Zwischenzeit die Restionisierung sich geändert hat.

Abb. 6. Spannungsverlauf beim Öffnen des Prüfschalters mit einem verzögerten Spannungsstoß.

Die indirekten Prüfverfahren der zweiten Gruppe (Gleichstromverfahren) beruhen auf der Bestimmung der Wiedererlangung des Isolationsvermögens, indem man den Wert der Wiederzündspannung in Abhängigkeit von dem Erlöschen im Gleichstrom berechnet.

Es ist offensichtlich, daß eine solche Bestimmung, verbunden mit der Berechnung der größten Leistung und größten elektrischen Arbeit, die der Schalter ohne Schaden aufnehmen kann, ein äußerst interessantes Gesamtbild des Verhaltens des Schalters in Betrieb liefert. Der Grundgedanke dieses Verfahrens besteht in folgendem[7]): Bei der Untersuchung des Verlaufes der Unterbrechung eines Gleichstromkreises mit kleinem Widerstande und erhöhter Induktivität wird festgestellt, daß der Durchgang des Stromes durch den Lichtbogen so lange andauert, bis die gesamte im Stromkreise aufgespeicherte elektromagnetische Energie aufgezehrt ist. Diese Energie liefert während der Lichtbogenphase selbsttätig die für den Durchgang des Stromes notwendige Spannung; daher wird die Unterbrechung des Stromkreises erst nach vollständiger Verzehrung dieser Energie erfolgen (zum größten Teile im Lichtbogen).

[7]) G. Someda, wie Fußnote 5.

Für einen bestimmten Wert des Stromes ist es also möglich, die dem Schalter zugeführte Energie für einen entsprechenden Wert der Induktivität zu berechnen. Mit verhältnismäßig bescheidenen Mitteln kann man daher eine solche Schaltung herstellen, die es gestattet, den Prüfschalter mit der für die Prüfung auch der größten Apparate benötigten Gesamtenergie zu speisen.

Der Verlauf des Gleichstromes in der Nähe des Nullwertes ist dem eines Wechselstromes ähnlich und deshalb erfolgen die Restionisierung und die Wiedererlangung des Isolationsvermögens in ähnlicher Weise. Das Gesetz der Stromänderung in der Nähe des Erlöschens kann außerdem mittels Kapazitäten, welche die Eigenfrequenz des Stromkreises ändern können, leicht geregelt werden. Für die Messung der dielektrischen Festigkeit im Augenblicke des Erlöschens des Lichtbogens genügt auch in diesem Falle die Anwendung einer synchronisierten Stoßentladung. Diese Entladung wird nun nicht den Lichtbogen wiederentzünden, da keine ausreichende Gleichstrom-EMK dafür vorhanden ist; dies ist aber für die Beurteilung der Wiedererlangung des Isolationsvermögens nicht notwendig. Letzteres kann ohne weiteres aus den Oszillogrammen entnommen werden, die angeben, ob und bei welchem Werte der Stoßfunke das Mittel durchschlagen hat. Bei den neuesten nach diesem Verfahren durchgeführten Versuchen, die noch im Gang sind, ersetzte man den Hochspannungsstoß über gesteuerte Funkenstrecke durch eine Kondensatorenbatterie *C* (Abb. 7) von hoher Kapazität, die auf niedrige Spannung geladen war und von einer gasgefüllten Elektronenröhre mit Gittersteuerung geregelt wurde (Schaltung nach Abb. 7). Eine Schaltung dieser Art kann mit einiger Veränderung auch für die Prüfverfahren der ersten Gruppe mit Erfolg angewendet werden.

C Kondensator des Stoßgeneratora
I Prüfschalter
T Thyratronröhren

Abb. 7. Schaltung für Prüfungen mit Gleichstrom.

Die bis jetzt, wie schon erwähnt wurde, noch in kleinem Maßstabe durchgeführten Versuche treten gegenwärtig unter dem Vorsitze des „Centro Volpi di Elettrologia" in Venedig in eine halbindustrielle Entwicklungsphase.

Zusammenfassung.

Die vorläufigen Ergebnisse zeigen, daß die Überlagerung von Spannungsstößen im Nullpunktsdurchgang des Stromes erneute Wiederzündungen des Bogens hervorrufen kann, ähnlich wie sie bei höheren Belastungen auftreten können. Weiterhin konnte aus den Untersuchungen mit Gleichstrom auf das Verhalten des Schalters bei Wechselstrom geschlossen werden.

schienen Lichtbogenfußpunkte mit einem Abstand bis zu 1 m gegen Erde oder Phase feststellbar waren. Außerdem zeigte das Mauerwerk an den Stellen, wo die Konsoleisen der Hörnerableiter eingemauert waren, strahlenförmig schwarze Verbrennungen. Die beiden Umspanner selbst einschließlich deren Hochspannungssicherungen hatten keinerlei Beschädigungen erlitten.

Bei den im Ortsnetz aufgetretenen Überspannungserscheinungen war auffällig, daß die in Mitleidenschaft gezogenen Anwesen teilweise nicht unbeträchtlich voneinander entfernt lagen, und daß benachbarte Anwesen keinerlei Beschädigungen aufwiesen. Im einzelnen seien folgende hauptsächliche Zerstörungen erwähnt: Abschmoren der Klemmen der Hausanschluß- und Verteilungssicherungen, teilweise unter Zertrümmerung des gesamten Sicherungselementes, explosionsartiges Zerbersten der jeweils eingeschalteten Glühlampen, Zertrümmerung von Steckdosen, an denen Rundfunkgeräte angeschlossen waren, Durchbrennen von Klingeltransformatoren und Rundfunkempfängern, insbesondere ihrer Erdleitungen, desgleichen von Fernsprechgeräten und deren Zuleitungen. In einem Anwesen war nach Augenzeugenbericht die Überspannung von einem donnerartigen Knall begleitet, aus den unter Putz liegenden Abzweigdosen und von den aus Blech bestehenden Zählertafeln schlugen Stichflammen. Beim Hauptwasserhahn im Keller fand zwischen Wasserleitung und Mauerwerk ein Lichtbogenüberschlag statt, wodurch das Wasserrohr ein daumengroßes Loch erhielt, obwohl in dem Raum bzw. in Nähe des Hauptwasserhahnes sich keinerlei elektrische Leitungen befanden. Die einzelnen Erscheinungen dauerten teilweise bis zu einer Sekunde. Außer diesen kleineren, noch glimpflich abgelaufenen Störerscheinungen brannte sogar einmal ein Bauernhof infolge einer solchen Überspannung nieder. Eine am alten Dachgebälk unterhalb des Dachständers angebrachte Stahlblechsicherung hatte durch Explosion diesen Brand verursacht.

Abb. 3. Gesamtschaltbild.

Ursache der Überspannungen.

Für sämtliche Erscheinungen war bereits von Anfang an festliegend, daß es sich jeweils nur um gewaltsame Ausgleichvorgänge zwischen einem dauernd oder nur vorübergehend stromführenden Leiter und seiner Umgebung bzw. Erde handeln konnte. Die sowohl im Transformatorenhaus festgestellten Lichtbogenspannweiten bis zu 1 m als auch diejenigen in den Wohnhäusern bis zu 10 mm und mehr ließen darauf schließen, daß es sich dort um elektrische Ausgleichvorgänge beträchtlichen Ausmaßes gehandelt haben mußte. Wesentlich war insbesondere die Tatsache, daß die Überschläge von den spannungführenden Leitern nach ihrer Umgebung, wie Mauerwerk, Unterputz-Abzweigdosen, Wasserleitungsrohre, um so stärker waren, je niedriger der Erdungswiderstand dieser Punkte war. Die weitere Untersuchung mußte sich deshalb in erster Linie auf die Erdungsverhältnisse der gesamten, von der Überspannung betroffenen Leitungsteile erstrekken.

In der Transformatorenstation befanden sich zwei Erdleitungssysteme, die Hochspannungsschutz- und die Niederspannungsbetriebserdung (Abb. 3). An die Hochspannungsschutzerdung waren angeschlossen: Hochspannungs-Hörnerblitzschutz, Konsoleisen für Stützer und dergleichen, Umspannergehäuse, aber auch neuzeitliche Überspannungsableiter der abgehenden Ortsnetzleitungen. Die Erdleitung innerhalb der Station war verlegt in 30 × 4 mm verzinktem Flacheisen, außerhalb der Station in 50 mm² verzinktem Kupferseil, das zu einer 30 m entfernt liegenden 1 m² großen Erdplatte führte. Die Platte selbst war am Ufer eines Mühlbaches etwa 3 m tief in Mergel- und Lehmgrund eingegraben. Die Niederspannungsbetriebserdung, die an den Umspannernullpunkten angeschlossen war, bestand aus einer 50 mm² isolierten Zuleitung aus Kupfer zu einer ebenfalls in 3 m Eingrabtiefe liegenden 1 m² großen Erdplatte am bereits vorerwähnten Bachufer. Die Entfernung von der Hochspannungsschutzerde betrug 20 m. Außerdem war der Nulleiter an verschiedenen Stellen des Netzes mit örtlichen Wasserleitungen verbunden.

Zur Zeit der zuletzt festgestellten Störung wurden folgende Erdungswiderstände gemessen:

Hochspannungsschutzerde	19 Ω
Niederspannungsbetriebserde:	
Station (Erdplatte allein)	70 Ω
Station (einschl. Ortsnetz)	2 Ω
Querverbindung: Schutzerde/Betriebserde	
ohne Ortsnetz Nulleiter	98 Ω
mit Ortsnetz Nulleiter	22 Ω

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß die Erdungsverhältnisse des in Frage stehenden Gebietes infolge der geologischen Verhältnisse besonders ungünstig gelagert sind, und daß nur unter äußersten Schwierigkeiten und unter Aufwendung beträchtlicher Kosten Erdungen mit einem tragbaren Übergangswiderstand verlegt werden können.

Im Hinblick auf die hohen Werte der Erdungswiderstände lag die Vermutung nahe, daß durch Erdschlüsse der angeschlossenen Fernleitungen zwischen den verschiedenen Erdern gefährliche Spannungsunterschiede aufgetreten waren, die zu den geschilderten Störungen führten. Die angestellten Kurzschlußversuche haben diese Vermutung jedoch nicht bestätigt.

Für die Auffindung der Entstehungsursache der Überspannungen und die anzustellenden Versuchsschaltungen war folgende Tatsache von wesentlicher Bedeutung: Es konnte durch Augenzeugen und Umfragen festgestellt werden, daß in fast sämtlichen Fällen, in denen Störerscheinungen der vorgeschilderten Art aufgetreten waren, nachweislich durch Vögel eingeleitete Lichtbögen an den Fernleitungen beobachtet wurden, die zu Schalterauslösungen beider Fernleitungssysteme in den benachbarten Kraftwerken geführt hatten. Um zu einer einwandfreien Bestätigung dieser vermuteten Entstehungsursache der Überspannungen, hervorgerufen durch Überbrückung der beiden Leitungssysteme zu gelangen, war es erforderlich, die entsprechenden Verbindungen künstlich herzustellen und deren Einwirkung auf die Schaltanlagen der fraglichen Transformatorenstation zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurde die aus Abb. 4 ersichtliche Meßanordnung vorgenommen.

Abb. 4. Meßschaltung

An die Sammelschienen der Transformatorenstation wurde ein Klydonograph dreiphasig angeschlossen zur Messung der auftretenden Phasenspannungen gegen Erde; weiterhin wurde in den Leitungszug der Schutzerdung ein Dreischleifenoszillograph eingebaut zur Messung des Erdstromes. Der Ortsnetzschalter wurde geöffnet, desgleichen die Ortsnetzsicherungen entfernt, damit allenfalls auftretende Spannungsstörungen auf die Transformatorenstation beschränkt blieben. Hierauf wurde bei abgeschalteter Fernleitung in deren Leitungszug eine unmittelbare Verbindung zwischen einer Phase des 20 kV-Systems und der 15 kV-Einzelphase eingebaut. Als Überbrückung diente im ersten Fall ein dünner Schmelzdraht zur Erzeugung eines Lichtbogens, im zweiten Fall ein starker Kupferleiter zur Herstellung einer metallischen Dauerverbindung. Hierauf wurden die auf beide Leitungssysteme arbeitenden Kraftwerke eingeschaltet.

Im Transformatorenhaus erfolgte ein heftiger Knall mit starker Flammenbogenwirkung am Hörnerblitzschutz. Infolge des künstlich eingeleiteten Kurzschlusses trat auf der Hochspannungsseite eine Spannungserhöhung ein, hervorgerufen durch Überlagerung beider Spannungen und durch geringe Schaltüberspannungen, und zwar in Höhe von rd. 40 kV (Scheitelwert) gegen Erde, wie aus den Angaben des Klydonographen zu ersehen war. Diese Spannungserhöhung hatte die Hörnerfunkenstrecke (Entfernungseinstellung 24 mm) der überbrückten Phase zum Ansprechen gebracht. Statt einer Ableitung dieser Überspannung über den in Reihe mit der Funkenstrecke geschalteten Dämpfungswiderstand zur Erde erfolgte infolge ungenügenden Isolationswiderstandes der Stützer, auf denen die Funkenstrecke aufgebaut war, ein Überschlag auf die darunter befindliche eiserne Befestigungstraverse.

Die im Prüffeld vorgenommenen Versuche ergaben einen Efektivwert der Überschlagsspannung der Stützer von 72 kV. Ob allerdings die angestellten Prüffeldversuche auch den Verhältnissen im Wirklichkeitsfall entsprochen haben, ist nicht sicher festzustellen, da bei dem Prüffeldversuch nur technischer Wechselstrom zur Verfügung stand, ohne das Vorhandensein von höheren Oberwellen beträchtlicher Amplitude.

Infolge der auf die Erdschlußstelle mitarbeitenden, einpolig geerdeten 15 kV-Einphasenleitung entstand ein vollkommener Kurzschluß. Durch Ionisierung der umgebenden Luft erfolgte hierauf ein Überschlag auf die Nachbarphase, deren Hörnerfunkenstrecke nunmehr ebenfalls ansprach. Auch bei dieser Phase erfolgte wegen ungenügenden Isolationswiderstandes der Stützer ein Überschlag auf die eiserne Befestigungstraverse. Auf diese Weise wurde der vollständige Kurzschluß des 15 kV-Leistungssystems noch von einem zweiphasigen Erdschluß im 20 kV-Netz überlagert. Diese Tatsache geht einwandfrei aus einem dabei aufgenommenen Oszillogramm hervor. Der während sechs Halbwellen gemessene Scheitelstrom betrug 550 A. Nach dieser Zeit löste der Ölschalter des 15 kV-Systems aus, während die beiden Flammenbogen noch 104 Halbwellen mit einer Speisespannung von 20 kV und einer effektiven Stromstärke von 86 A weiter brannten, bis auch der Ölschalter des 20 kV-Netzes auslöste. Wenn man berücksichtigt, daß der gemessene Erdwiderstand der Hochspannungsschutzerde 19 Ω betrug, so errechnet sich bei einem Scheitelwert des Erdschlußstroms von 550 A ein Spannungsabfall von 10 400 V längs der Erdleitung gegen Erde, vorausgesetzt, daß der gemessene Erdwiderstand auch bei derartigen Strömen noch denselben Wert aufweist. Dieses hohe Spannungsgefälle hatte natürlich das Bestreben, auf den verschiedensten Wegen einen Ausgleich über gute Erde zu finden. Die Ausgleichströme innerhalb des Erdbodens waren hierbei derart stark, daß mehrere Personen, die während der Kurzschlußversuche in der Nähe der fraglichen Transformatorenstation mit gespreizten Beinen im nassen Gras standen, infolge der aufgetretenen Schrittspannung heftige körperlich fühlbare Wirkungen (Zusammensinken in den Beinen usw.) empfanden.

Bei einem weiteren Kurzschlußversuch wurde statt des Schmelzdrahtes eine starre Verbindung gewählt. Die hierbei gemessenen Zahlenwerte und Ergebnisse waren fast die nämlichen wie beim reinen Flammenbogenkurzschluß.

Die Auswirkung dieser bei beiden Versuchen aufgetretenen Störungen blieb lediglich auf die Transformatorenstation beschränkt, da aus Sicherheitsgründen, wie

bereits erwähnt, während der Versuche sämtliche Ortsnetzleitungen abgeschaltet waren.

Nachdem durch die Versuche erwiesen war, welche Entstehungsursache die geschilderten Überspannungserscheinungen hatten, die in ihrer Wirkung den tatsächlich aufgetretenen vollkommen glichen, war ebenfalls der Weg gefunden für die im Ortsnetz beobachteten Überspannungen. Die Versuche hatten gezeigt, daß im Falle einer Leitungsverbindung zwischen der Einzelphase des 15 kV- und einer Phase des 20 kV-Systems in der Transformatorenstation Spannungserhöhungen in Erscheinung traten, wodurch auf der Hochspannungs-Erdungsschiene ein Spannungsgefälle von schätzungsweise 10 400 V gegen Erde auftrat. Diese Spannungsdifferenz erklärt auch die eigenartig strahlenförmigen, schwärzlichen Figuren zwischen Eisenkonstruktionsteilen und dem Mauerwerk. Infolge des verhältnismäßig hohen Widerstandes der Schutzerde suchte sich nämlich die Überspannung gewaltsam weitere Ableitungswege zur Erde, teilweise über das Mauerwerk der Station selbst, teilweise über das Niederspannungsortsnetz. Der einfachste Weg hierzu führte über die Niederspannungsableiter, die ebenfalls an der Hochspannungsschutzerde angeschlossen waren. Diese wurden in umgekehrter Richtung von der Erdanschlußklemme aus mit Hochspannung beschickt und ihre innere Isolation, teilweite unter explosionsartiger Erscheinung, durchschlagen; die Hochspannung erhielt auf diese Weise freien Weg in das Ortsnetz. Ein weiterer Weg in das Ortsnetz führte über den Nulleiter; sowohl an der Niederspannungsschalttafel als auch im Stationsschutzschalter befanden sich die Klemmen der Phasen und des Nulleiters in verhältnismäßig geringem Abstand. Im Augenblick der Überspannung erfolgte ein Überschlag zwischen den über die Überspannungsableiter mit Hochspannung beschickten Phasen und dem Nulleiter, wodurch auch dieser hochspannungsführend wurde.

Diese hohe Spannung hatte nun im Ortsnetz ebenfalls das Bestreben, auf allen nur möglichen Wegen sich einen Ausgleich über Erde zu schaffen. Diese Tatsache erklärt auch die Erscheinung, daß die Überschläge um so stärker auftraten, je besser die Erdungen der Wasserleitungsrohre, Rundfunk- und Fernsprechgeräte in diesen Anwesen waren. Die gesamten Störungserscheinungen, sowohl im Transformatorenhaus als im Ortsnetz, stellen somit nichts anderes als gewaltsame Ausgleichvorgänge eines durch Erdschlußstrom hervorgerufenen hohen Spannungsgefälles dar.

Die angestellten Versuche haben weiterhin den Beweis erbracht, daß die geschilderten Überspannungserscheinungen ihre Entstehungsursache in Überbrückungen der beiden Freileitungssysteme (z. B. durch Vögel, in die Leitung hereinfallende Äste usw.) haben mußten, die infolge des unzureichenden Isolationswertes der Stützer in der Transformatorenstation und des hohen Übergangswiderstandes der Erdleitung die aufgetretenen Zerstörungen verursachten. Von wesentlichem Interesse ist in diesem Zusammenhang die Untersuchung der Frage, ob und inwieweit der vor mehreren Jahren vorgenommene Umbau der 20 kV-Stichleitung und der Transformatorenstation Schuld an den aufgetretenen Störungen trug oder ob die Überspannungen früher überhaupt nicht, sondern erst in den letzten Jahren aufgetreten sind und somit zeitlich zufällig mit dem Leitungsumbau zusammenfielen. Wenn man berücksichtigt, daß an der Fernleitung keinerlei Änderungen vorgenommen wurden, sondern daß lediglich Stichleitung und Transformatorenstation umgebaut wurden, anderseits aber die Überspannungserscheinungen bereits kurz nach der Inbetriebnahme der umgebauten Anlageteile beobachtet wurden, liegt folgende Vermutung nahe: Die Kurzschlüsse und die dadurch hervorgerufenen Überspannungen waren wahrscheinlich bereits früher schon aufgetreten, zur Auswirkung kamen sie jedoch erst seit dem Umbau. Die Gründe hierfür sind vermutlich in folgenden Tatsachen zu suchen:

1. Das bisher auf der Stichleitung aufgelegte, teilweise stark angerostete Eisenseil hatte gegenüber dem Kupferseil für auftretende Spannungserhöhungen eine stark dämpfende Wirkung.

2. Von den bisher auf der Stichleitung vorhandenen, durch Rostwasser stark verunreinigten Deltaisolatoren mit rd. 80 kV effektiver Nenn-Überschlagspannung in trockenem Zustand zeigte eine große Anzahl starke Verbrennungen infolge Überschlägen. Es ist somit ohne weiteres denkbar, daß im Falle von Spannungserhöhungen diese bereits auf der Freileitung über die Isolatoren zur Erde abgeleitet wurden, ohne überhaupt in das Transformatorenhaus selbst zu gelangen. Bei den nachherig eingebauten Vollkernisolatoren mit einer effektiven Trockenüberschlagspannung von 130 kV waren derartige Überschläge unmöglich.

3. Die Hörnerableiter waren bisher auf einem Holzbalken montiert. Infolge der Versetzung der Ableiter auf eine Eisentraverse wurde der Isolationswert der Stützer gegen Erde herabgesetzt.

4. Die Erdung des Nulleiters im Ortsnetz war vor dem Umbau nur sehr mangelhaft durchgeführt. Anläßlich des Umbaus wurde der Nulleiter an mehreren Stellen an ein weitverzweigtes Wasserleitungsnetz mit einem Erdwiderstand von rd. 2 Ω angeschlossen. Infolge der hierdurch eingetretenen Verbesserung der Betriebserde gegenüber der Schutzerde suchte sich die Überspannung den Weg des geringeren Ableitungswiderstandes zur Erde, weshalb ein Überschlag von der Schutzerdung auf die Betriebserdung und Fortleitung der Hochspannung auf das Ortsnetz erfolgte.

Die eingangs gestellte Frage kann somit dahingehend beantwortet werden, daß die Spannungsstörungen wahrscheinlich in den früheren Jahren bereits aufgetreten, infolge der Abänderung des bisherigen Zustandes der Leitungsanlagen aber erst dadurch zur vollen Auswirkung gelangt sind; eine Wirkung des Um- bzw. Neubaus, die keineswegs vorauszusehen war.

Zum Schlusse sollen noch in Kürze allgemeine Folgerungen gezogen werden, die sich aus den angestellten Versuchen und Beobachtungen ergeben:

1. Die aufgetretenen Überspannungserscheinungen haben einwandfrei die Bedeutung möglichst niedriger Erdungswiderstände, insbesondere für die Schutzerdung erwiesen, weiterhin die Notwendigkeit der laufenden Überwachung ihres jeweiligen Widerstandswertes.

2. Strenge Durchführung der Trennung zwischen Schutz- und Betriebserdung. Beseitigung der vielfach bei ländlichen Transformatorenstationen heute noch anzutreffenden Verbindungen zwischen Niederspannungsnullpunkt, Umspannergehäuse und Überspannungsschutz. Bei Anlagen mit häufig auftretenden Überspannungen erscheint die Führung einer eigenen Erdleitung zum Anschluß der Hochspannungs-Überspannungsableiter als empfehlenswert.

3. Wenn auch der Einbau von Überspannungsableitern im Niederspannungskreis innerhalb der Transformatorenstationen unleugbare Vorteile bezüglich Einfachheit der Montage und der laufenden Kontrolle der Ableiter aufweist, so erscheint dennoch im allgemeinen deren Verlegung außerhalb des Gebäudes als dringend empfehlenswert; insbesondere ist ihr Anschluß an die Hochspannungsschutzerde zu vermeiden.

4. Neben dem Einbau von Überspannungsschutzgeräten trägt die Verwendung von Isolatoren erhöhter Überschlagsspannung in der Station wesentlich zur Erhöhung der Betriebssicherheit der Stromversorgung bei.

Unter Berücksichtigung obiger Schlußfolgerungen wurde nun auch der Umbau des Fernleitungs-Gestänges und der Transformatorenstation vorgenommen.

1. Bei der Fernleitung wurden die Phasenabstände entsprechend vergrößert, die Deltaisolatoren durch Stabisolatoren ersetzt.

2. Mit Hilfe einer ausgedehnten Oberflächenerdung wurde der Erdungswiderstand der Schutzerde in der Transformatorenstation von bisher 19 Ω auf rd. 8 Ω verbessert.
3. Die bisherigen Stützisolatoren (ehemalige Type für 20 000 V), auf denen die Funkenstrecke in der Transformatorenstation aufgebaut war, wurden gegen Stützer der Reihe 30 ausgewechselt.
4. Die Überspannungsableiter des Ortsnetzes wurden aus dem Transformatorenhaus entfernt und in einer Entfernung von rd. 40 m auf Holzmaste verlegt.

Zusammenfassung.

Die auf einer Mittelspannungs-Drehstromleitung durch Schluß mit einer benachbarten, einpolig geerdeten Einphasenleitung hervorgerufene Überspannung hat sowohl in der Transformatorenstation als auch in dem angeschlossenen Ortsnetz infolge ungenügender Erdungsmaßnahmen beträchtlichen Schaden durch Überspannungen verursacht. Meßtechnische Untersuchungen und Maßnahmen zur Abhilfe wurden näher ausgeführt.

Indirekte Prüfverfahren von Schaltern in Italien.

Von E. Pugno Vanoni und G. Someda, Padua.

DK 621.316.5.062.001.5

Übersicht. Versuche über indirekte Prüfverfahren von Schaltern, welche in den letzten Jahren in Italien durchgeführt wurden, werden zusammenfassend beschrieben. Die Verfahren beziehen sich entweder auf die Überlagerung von Spannungsstößen über Industriefrequenz oder auf das Studium des Verhaltens eines Schalters, wenn er einen Gleichstromkreis von angepaßtem induktiven Scheinwiderstand öffnet.

Mit Bezugnahme auf die erschienenen interessanten Veröffentlichungen von Erwin Marx[1]) und den anschließenden Meinungsaustausch[2]), sowie auf eine neuere Arbeit von J. Biermanns[3]) wird eine neue zusammenfassende Darstellung der in Italien angestellten Versuche über die indirekten Prüfverfahren von Schaltern gegeben.

Die Versuche in Italien[4]) begannen zu Anfang des Jahres 1935 auf Grund eines Vorschlages des Ingenieurs G. Scarpa, sich bei der Prüfung von Ölschaltern zweier Quellen elektrischer Energie zu bedienen, und zwar einer niederfrequenten zur Speisung des Unterbrecherstromes und einer hochspannungshochfrequenten, die geeignet ist, den Lichtbogen beim Durchgang des Stromes durch den Nullwert wieder zu zünden. Die ersten Versuche wurden im Sommer 1935 in Venedig im Laboratorium der „Società Adriatica di Elettricità" angestellt und später im elektrotechnischen Laboratorium der Kgl. Universität Padua fortgesetzt.

Diese Versuche[5]) entwickelten sich nach zwei verschiedenen Richtungen:

1. Verfahren zu finden, die es gestatten, im Schalter den normalen Betriebsbedingungen entsprechende Versuchsbedingungen zu erreichen;
2. Verfahren auszuarbeiten, mit deren Hilfe man die Hauptkennlinien dieser Geräte einzeln festlegen und so auf ihr Verhalten im Betrieb schließen kann.

So können diese Versuche, welche die obengenannten Zwecke verfolgen, in zwei Gruppen eingeteilt werden:

a. Prüfverfahren mittels Unterbrechung eines Wechselstromes;
b. Prüfverfahren mittels Unterbrechung eines Gleichstromes in einem stark induktiven Stromkreise.

Die Versuche der Gruppe a wurden anfänglich nach Vorschlägen von Ing. Scarpa durchgeführt, indem man als Hochfrequenzstromquelle zuerst einen gedämpften Schwingungserzeuger und nachher einen Poulsenschen Generator anwandte. So wurde festgestellt, daß durch das Zusammenwirken dieser beiden Stromquellen zwar erhöhte Beanspruchungen im Schalter auftraten, aber auch gefunden, daß auf diese Weise zur Erzielung guter Ergebnisse Hochfrequenzgeneratoren von äußerst großer Leistung erforderlich sind. Daher verwandte man zur Erzeugung der wiederkehrenden Spannungen die von Kondensatoren gelieferten Spannungsstöße, welche mit der gewünschten Polarität genau in dem Augenblicke des Nullwertes des niederfrequenten Wechselstromes erzeugt wurden.

A Stromquelle mit Industriefrequenz
B Erzeuger der Spannungsstöße
C_i Kondensator, der den Hochfrequenzkreis schließt
D Synchronisierungsvorrichtung
I Prüfschalter
T_a Stromwandler
T_i Hochfrequenztransformator

Abb. 1. Anlage für indirekte Prüfung der Schaltgeräte.

Dies kann auf verschiedene Weise geschehen; ein Beispiel ist in Abb. 1 gegeben. Darin bedeutet *A* die Stromquelle mit Industriefrequenz; diese liefert den zu unterbrechenden Strom unter einer Spannung, die zur Erhaltung des Lichtbogens genügt; *B* ist der Erzeuger der Spannungsstöße, welche die wiederkehrende Spannung im Stromkreise vorstellen und die Wiederanzündung des Lichtbogens bewerkstelligen sollen; *D* ist die Synchronisierungsvorrichtung, die diese Stöße in den entsprechenden Zeitpunkten erfolgen läßt; *I* ist der Prüfschalter.

Die Gruppe, die in Abb. 1 mit *A* bezeichnet wird, ist einer Versuchsanordnung für direkte Prüfungen von Schaltern vollkommen ähnlich. Sie besteht daher aus einem System Wechselstromerzeuger – Transformator, das im entsprechenden Zeitpunkte über den Prüfschalter kurzgeschlossen wird und dessen Kurzschlußstrom durch den letzteren ausgeschaltet werden kann. Der einzige Unter-

---

[1]) Erwin Marx, ETZ 57 (1936) S. 583.
[2]) ETZ 58 (1937) S. 724.
[3]) J. Biermanns, ETZ 59 (1938) S. 165.
[4]) E. Pugno Vanoni, G. Someda, G. Fracanzani, M. Mainardis, R. Marin, Elettrotecnica 23 (1936) S. 392.
[5]) G. Someda, Rendiconti XLI Riunione annuale Associazione Elettrotecnica Italiana. Roma, Oktober 1936; E. Pugno Vanoni, G. Someda, CIGRE 1937, Ber. 130.

schied zwischen dieser Schaltung und der Schaltung für direkte Prüfungen, abgesehen von der geringen Leistung, ist die Anwesenheit eines aus Induktivität und Kapazität gebildeten Sperrkreises, der die vom Stromkreise *B* hervorgerufenen Spannungsstöße nicht an den Wechselstromerzeuger herankommen läßt.

C_1, C_2, C_3, C_4 Kondensatoren zur Erzeugung der Stöße
C_i Kondensator, der den Hochfrequenzkreis schließt
S Funkenstrecke, gesteuert von der Synchronisierungsvorrichtung *D*
T_e, V_1, V_2 Hochspannungsgleichrichter
T_i Hochfrequenztransformator
d_1, d_2, d_3, d_4 Umschalter

Abb. 2. Schaltung eines Stoßgenerators.

Der Stoßgenerator (*B* in Abb. 1) kann auf verschiedene Weise gebildet werden, wie z. B. aus einem Kondensator, der mit einer zu der von dem Wechselstromerzeuger gebildeten Spannung synchronisierten EMK geladen ist; dieses Verfahren erfordert aber die Aufnahme einer bedeutenden kapazitiven Scheinleistung.

E_1, E_2 Vorspannungsbatterien für die Gitter
R Widerstand zur Verhinderung der vorzeitigen Zündung von *S*
S Funkenstrecke
T_1, T_2 Thyratronröhren.
T_a Stromwandler zur Steuerung der Gitter von T_1, T_2
t_a, *C*, *C* Spannungsquelle
t_i Hochfrequenztransformator

Abb. 3. Synchronisierungsvorrichtung.

Da in den neuzeitlichen Schaltern der Lichtbogen nicht so häufig wiederentzündet wird, ist es von Vorteil, mittels Kondensatoren, die unter Gleichspannung geladen werden, eine Reihe von aufeinanderfolgenden Stößen zu erzeugen; die Abb. 2 zeigt ein solches Schaltbild mit vier Kondensatoren (C_1, C_2, C_3, C_4), die von einem Hochspannungsgleichrichter gespeist werden (T_e, V_1, V_2). Ein zu dem Wechselstromerzeuger synchroner Umschalter schaltet dieselben hintereinander an die Primärwicklung des Hochfrequenztransformators T_i über eine Funkenstrecke *S* (mit drei Elektroden), die von der Synchronisierungsvorrichtung *D* gesteuert wird. Die Sekundärwicklung von T_i ist ihrerseits mit dem Unterbrecherkreis *I* in Reihe geschaltet. In dieser Schaltung bleiben, so lange die Funkenstrecke *S* von der Synchronisierungsvorrichtung nicht erregt wird, die Kondensatoren geladen; in vorher bestimmten Zeitpunkten werden vier aufeinanderfolgende Entladungen von bedeutender Energie erzeugt, die über die Sekundärwicklung von T_i ihre Überspannungen wirken lassen.

Den empfindlichsten Teil der Schaltung bildet die Synchronisierungsvorrichtung; diese muß mittels der Funkenstrecke *S* die Spannungsstöße gerade in dem Augenblicke erzeugen, in welchem beim natürlichen Betrieb des Schalters die wiederkehrende Spannung entsteht. Diese Synchronisierungsvorrichtung kann auf verschiedenen Grundgedanken beruhen; es wurden Anordnungen von Synchronisatoren geprüft, bei denen die nachfolgenden Erscheinungen das Ansprechen von *S* bewirkten:

a. die Überspannung, die in dem Hauptstromkreise beim Durchgang des Stromes durch den Nullwert entsteht ($L\,di/dt$);
b. die Änderung, die der Strom in diesem Bereiche erfährt (di/dt);
c. den Augenblickswert des Stromes.

Abb. 4. Spannungsverlauf beim Öffnen des Prüfschalters. Stoßgenerator B (Abb. 1) nicht in Betrieb.

Nach zahlreichen Versuchen[6]) hat sich dieses letzte Verfahren, das in Abb. 3 dargestellt ist, als das erfolgreichste erwiesen. Ein Stromwandler T_a, dessen Primärwicklung mit dem Schalterstromkreis in Reihe geschaltet ist, erzeugt in dem in seine Sekundärwicklung eingeschalteten Widerstand Spannungen, welche zu dem Strome in seinem Primärkreis proportional sind.

Diese so erzeugten Spannungen werden an das polarisierte Gitter von zwei Dreielektrodenröhren (T_1, T_2) angelegt, und zwar derartig, daß diese hintereinander in beliebigen Zeitpunkten, die dem Nullwerte des Stromes vorangehen, folgen oder mit ihm zusammenfallen, angelassen werden können. Wenn eine Triode leitend wird, so entlädt sich der entsprechende Kondensator in die Primärwicklung des Transformators t_i, dessen Sekundärwicklung der dritten Elektrode der Funkenstrecke *S* einen Spannungsstoß erteilt und so die Zündung des Lichtbogens bewirkt. Damit *S* nicht anspricht, bevor der Schalter den Stromkreis geöffnet hat bzw. bevor die von *B* gelieferte Überspannung zur Wiederentzündung des Lichtbogens nötig ist, wurde in die Sekundärwicklung von t_i ein Widerstand geschaltet, dessen Stromkreis durch eine mechanische Verbindung mit dem beweglichen Teil des Prüfschalters geöffnet wird.

Die bis heute durchgeführten Versuche haben befriedigende Ergebnisse gezeitigt, wie es die Oszillogramme der Abb. 4 und 5 zeigen. Das Oszillogramm der Abb. 4 zeigt den Verlauf der Spannung, wenn der Stromkreis *B* nicht in Betrieb ist; der Lichtbogen wird nur einmal wiedergezündet. Ist der Stromkreis *B* in Betrieb, so nimmt die Spannung einen Verlauf, wie er in Abb. 5 ersichtlich ist. Daraus ergibt sich, daß der Spannungsstoß

[6]) C. Carli, la Ricerca Scientifica Nr. 3, 4 (1938).

eine zweite und dritte Wiederzündung des Lichtbogens bewirkt, der sodann während der ganzen folgenden Periode erhalten bleibt.

Eine weitere Erhöhung der von *B* gelieferten Spannung konnte zwar eine Wiederzündung bewirken, aber die von *A* herrührende Spannung genügte nicht mehr, um unter diesen Umständen den Lichtbogen zu erhalten (großer Elektrodenabstand), und daher erfolgt sofort nach dem Verschwinden des Stromimpulses die Unterbrechung des Stromes.

Abb. 5. Spannungsverlauf beim Öffnen des Prüfschalters. Stromkreis *B* (Abb. 1) in Betrieb.

Dieselbe Vorrichtung gestattet es auch, die Wiederherstellung des Isolationsvermögens im Schalter zu untersuchen, da die beschriebene Synchronisierungsvorrichtung den Spannungsstoß mit jeder beliebigen Verzögerung nach dem Nullwerte des Stromes herbeiführen kann.

Das Oszillogramm der Abb. 6 zeigt in der Tat, wie der verzögerte Spannungsstoß den Lichtbogen nicht mehr entzünden kann, da in der Zwischenzeit die Restionisierung sich geändert hat.

Abb. 6. Spannungsverlauf beim Öffnen des Prüfschalters mit einem verzögerten Spannungsstoß.

Die indirekten Prüfverfahren der zweiten Gruppe (Gleichstromverfahren) beruhen auf der Bestimmung der Wiedererlangung des Isolationsvermögens, indem man den Wert der Wiederzündspannung in Abhängigkeit von dem Erlöschen im Gleichstrom berechnet.

Es ist offensichtlich, daß eine solche Bestimmung, verbunden mit der Berechnung der größten Leistung und größten elektrischen Arbeit, die der Schalter ohne Schaden aufnehmen kann, ein äußerst interessantes Gesamtbild des Verhaltens des Schalters in Betrieb liefert. Der Grundgedanke dieses Verfahrens besteht in folgendem[7]: Bei der Untersuchung des Verlaufes der Unterbrechung eines Gleichstromkreises mit kleinem Widerstande und erhöhter Induktivität wird festgestellt, daß der Durchgang des Stromes durch den Lichtbogen so lange andauert, bis die gesamte im Stromkreise aufgespeicherte elektromagnetische Energie aufgezehrt ist. Diese Energie liefert während der Lichtbogenphase selbsttätig die für den Durchgang des Stromes notwendige Spannung; daher wird die Unterbrechung des Stromkreises erst nach vollständiger Verzehrung dieser Energie erfolgen (zum größten Teile im Lichtbogen).

Für einen bestimmten Wert des Stromes ist es also möglich, die dem Schalter zugeführte Energie für einen entsprechenden Wert der Induktivität zu berechnen. Mit verhältnismäßig bescheidenen Mitteln kann man daher eine solche Schaltung herstellen, die es gestattet, den Prüfschalter mit der für die Prüfung auch der größten Apparate benötigten Gesamtenergie zu speisen.

Der Verlauf des Gleichstromes in der Nähe des Nullwertes ist dem eines Wechselstromes ähnlich und deshalb erfolgen die Restionisierung und die Wiedererlangung des Isolationsvermögens in ähnlicher Weise. Das Gesetz der Stromänderung in der Nähe des Erlöschens kann außerdem mittels Kapazitäten, welche die Eigenfrequenz des Stromkreises ändern können, leicht geregelt werden. Für die Messung der dielektrischen Festigkeit im Augenblicke des Erlöschens des Lichtbogens genügt auch in diesem Falle die Anwendung einer synchronisierten Stoßentladung. Diese Entladung wird nun nicht den Lichtbogen wiederentzünden, da keine ausreichende Gleichstrom-EMK dafür vorhanden ist; dies ist aber für die Beurteilung der Wiedererlangung des Isolationsvermögens nicht notwendig. Letzteres kann ohne weiteres aus den Oszillogrammen entnommen werden, die angeben, ob und bei welchem Werte der Stoßfunke das Mittel durchschlagen hat. Bei den neuesten nach diesem Verfahren durchgeführten Versuchen, die noch im Gang sind, ersetzte man den Hochspannungsstoß über gesteuerte Funkenstrecke durch eine Kondensatorenbatterie *C* (Abb. 7) von hoher Kapazität, die auf niedrige Spannung geladen war und von einer gasgefüllten Elektronenröhre mit Gittersteuerung geregelt wurde (Schaltung nach Abb. 7). Eine Schaltung dieser Art kann mit einiger Veränderung auch für die Prüfverfahren der ersten Gruppe mit Erfolg angewendet werden.

C Kondensator des Stoßgenerators
I Prüfschalter
T Thyratronröhren

Abb. 7. Schaltung für Prüfungen mit Gleichstrom.

Die bis jetzt, wie schon erwähnt wurde, noch in kleinem Maßstabe durchgeführten Versuche treten gegenwärtig unter dem Vorsitze des „Centro Volpi di Elettrologia" in Venedig in eine halbindustrielle Entwicklungsphase.

Zusammenfassung.

Die vorläufigen Ergebnisse zeigen, daß die Überlagerung von Spannungsstößen im Nullpunktsdurchgang des Stromes erneute Wiederzündungen des Bogens hervorrufen kann, ähnlich wie sie bei höheren Belastungen auftreten können. Weiterhin konnte aus den Untersuchungen mit Gleichstrom auf das Verhalten des Schalters bei Wechselstrom geschlossen werden.

[7]) G. Someda, wie Fußnote 5.

Kunststoff-Prüfung.

DK 621.315.616.9.001.4

Eine Aufsatzreihe über Verfahren und Ergebnisse der Kunststoffprüfung wird durch richtungweisende Vorbemerkungen von P. A. Thiessen über die physikalische und chemische Bewertung von Kunststoffen eingeleitet. In einem Aufsatz „Bedeutung und Stand der Kunststoff-Analyse" legt dann Wilh. Esch zunächst die Aufgaben dar, die der Kunststoff-Analyse beim Hersteller und Verarbeiter bzw. Verbraucher zukommen[1]). Die Analyse gibt die Möglichkeit der Rohstoffprüfung und Aufschluß über die Güte der zu verarbeitenden Kunststoffe, insbesondere ihre Gleichmäßigkeit und den Gebrauchswert. In den Fällen, bei denen sich die schlechte Eignung für den beabsichtigten Verwendungszweck aus der gefundenen Zusammensetzung ergibt, wird damit eine oft langwierige Gebrauchsprüfung unnötig. Im zweiten Teil wird der Gang der qualitativen Analyse zur Einordnung eines vorliegenden Kunststoffes in ein Kunststoff-System mitgeteilt. Im dritten Teil folgen Angaben über die quantitative Analyse der für die Elektrotechnik wichtigen Preßmassen, gehärteten Preßstoffe und Polymerisate.

G. Bandel bringt in Form von Tafeln einen Auszug über den Gang der chemischen Kunststoff-Analyse[2]). Über die in gemeinschaftlicher Arbeit von verschiedenen Stellen ausgeführten analytischen Untersuchungen von Kunststoffen für die Kabelindustrie berichtet H. Doehring. Unter anderem wurden brauchbare chemische Prüfverfahren ausgearbeitet, da die von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie vorgeschlagenen und vom VDE anerkannten Richtlinien[3]) zur Prüfung von Kunststoffen für Isolierhüllen und Mäntel bisher nur mechanische und elektrische Prüfungen vorsehen. Diese chemischen Prüfverfahren, die später dem VDE als Grundlage für die chemische Prüfung von kunststoffisolierten und -ummantelten Leitungen dienen sollen und zunächst für Isolier- bzw. Mantelmassen auf der Basis von Polyvinylchlorid bzw. Mischpolymerisat + Weichmacher (mit und ohne Füllstoff) ausgearbeitet wurden, werden dann eingehend beschrieben.

In einem Aufsatz über die chemische Widerstandsfähigkeit neuer Thermoplaste geht Kollek auf die chemische Beständigkeit der nichthärtbaren Kunststoffe ein. Von besonderem Interesse für den Elektrotechniker ist die Wasserbeständigkeit der Kunststoffe, über die P. Pinten berichtet. Vorschriften zur Bestimmung der Wasserbeständigkeit von Kunststoffen bestehen noch nicht, obwohl die Wasseraufnahme einen großen Einfluß auf das Verhalten der Kunststoffe ausübt. Die VDE-Vorschriften, die sich mit der Messung der Isolierfähigkeit nach bestimmter Feuchtigkeitslagerung befassen, sind in manchen Fällen nicht ausreichend. Die Kunststoffe werden hinsichtlich der Wasserbeständigkeit in fünf Stufen eingeteilt:

1. wasserlösliche oder unbegrenzt quellbare Stoffe,
2. stark empfindliche Stoffe (z. B. Kunsthorn, Vulkanfiber, harzarmes Hartpapier usw.),
3. mäßig empfindliche Stoffe (die Typen A, S, O, T, Z, Cellon usw.),
4. schwach empfindliche Stoffe (die Typen 1 und M, Preßharz, Triazetat usw.),
5. nicht empfindliche Stoffe (Benzylzellulose, Anilinharz, Polymerisate von Styrol, Carbazol, Butadien, Isobutylen, Vinylchlorid).

Eine zuverlässige Beurteilung der Wasserbeständigkeit ist nur möglich durch die Ermittlung einer Zeit-Gewichts-Kurve bis zum Erreichen eines konstanten Wertes der Wasseraufnahme.

Hierbei ist die Zugrundelegung einer bestimmten Probenform von großer Bedeutung. Der Einfluß der Zeit auf die Gewichtszunahme bei Wasserlagerung und auf die Gewichtsabnahme bei Trocknung wird durch Schaubilder dargestellt.

Über die Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Kunststoff-Folien berichten E. Jenckel und F. Woltmann. Für die Anwendung geeigneter Kunststoffe zur Kabelummantelung ist die sorgfältige Messung der Wasserdurchlässigkeit dieser Stoffe erforderlich. Die Verfasser weisen auf zwei Fehlerquellen hin (Einfluß der Versuchstemperatur und der Luftströmungsgeschwindigkeit), die bei der Messung zu beachten sind. Es folgt dann eine Beschreibung der Meßanordnung und eine Mitteilung der Versuchsergebnisse. Beachtenswert ist die Zunahme der Wasserdurchlässigkeit bei steigenden Temperaturen sowie der Einfluß der thermischen und mechanischen Vorbehandlung. Nach Erhitzen vermindert sich bei Styroflexfolie der Diffusionskoeffizient, während er bei gleichzeitig mechanisch gespannter Folie zunimmt. Bei rascher Abkühlung der Folie ist eine langdauernde Nachwirkung zu beobachten.

W. Kuntze berichtet über Härte- und Schlagprüfung von Kunststoffen und weist auf die Schwierigkeiten hin, die sich ergeben, wenn man das für Metalle übliche Härteprüfverfahren unmittelbar auf die Kunststoffprüfung übertragen will. Zylinder und Kugel sind als Eindruckkörper ebenso ungeeignet wie zu spitze Kegel und ergeben bei der Härteprüfung erhebliche Meßfehler. Diese Meßfehler werden auf einen zu vernachlässigenden Betrag herabgemindert, wenn man mit einem Kegel oder einer Pyramide von 136° Spitzenwinkel als Eindruckkörper und einer Eindrucktiefe von mehr als 0,3 mm arbeitet. Hierbei wird zweckmäßig die Härte aus der bleibenden Verformung errechnet. Bei Untersuchungen über die Schlagfestigkeit der Kunststoffe wurde festgestellt, daß mit zunehmender Schlaggeschwindigkeit bei Preßstoffen aus Phenol- und Harnstoffharz die spezifische Schlagarbeit wächst, während die Größe der schlagenden Massen ohne Einfluß auf das Ergebnis ist.

R. Vieweg berichtet über einige elektrische Messungen an Kunststoffen und deutet zwei Aufgabenkreise an, denen künftig größere Bedeutung zukommen wird. Der eine betrifft die elektrischen Eigenschaften der Füll- und Trägerstoffe, der zweite hat das Verhalten des spezifischen Widerstandes bei Dauererwärmung zum Gegenstand. Bei den Füll- und Trägerstoffen der Kunststoffe ist es wünschenswert, den bei verschiedener Luftfeuchtigkeit innerhalb weiter Grenzen schwankenden Isolationswiderstand mit einem handlichen Verfahren messen zu können. Hierfür eignen sich besonders Kompensations- und Brückenanordnungen, mit denen man bis $10^{15}\,\Omega$ gute Ergebnisse erhält. Als Nullinstrument dient hierbei ein statisches Gerät und als Vergleichswiderstand ein Widerstand nach Krüger. Bemerkenswert ist, daß man auf diese Weise auch die zeitliche Änderung des Widerstandes bei Änderung der Luftfeuchtigkeit gut verfolgen kann. Durch Messungen des spezifischen Widerstandes bei Dauererwärmung (steigende und fallende Temperatur) wurde festgestellt, daß die Temperaturabhängigkeit des spezifischen Widerstandes zweckmäßig bei fallender Temperatur ermittelt wird, da bei steigender Temperatur die Messung durch verschiedene Zufälligkeiten beeinflußt wird.

G. Pfestorf berichtet über den Einfluß thermischer Beanspruchungen auf die Eigenschaften der Kunststoffe. Die organischen Isolierstoffe lassen sich entsprechend ihrem Verhalten bei elektrischen Messungen in drei Gruppen einteilen. Bei der ersten Gruppe lassen sich die elektrischen Eigenschaftswerte in einem gewissen Temperaturbereich bei steigender und fallender Temperatur beliebig oft reproduzieren. Bei der zweiten Gruppe tritt bei thermischer Beanspruchung eine durch chemische Umwandlungen (fortschreitende Kondensation bzw. Polymerisation) bedingte irreversible Änderung der elektrischen Meßergebnisse ein. Bei der dritten Gruppe wird eine irreversible Änderung der Messungsergebnisse durch gewisse beim Erwärmen eintretende physikalische Vorgänge (Entweichen von Feuchtigkeit bzw. Weichmacher) hervorgerufen. Die Temperaturabhängigkeit der elektrischen Eigenschaftswerte von Kunststoffen wurde mit einem besonderen Prüfgerät ermittelt, das eine Messung z. B. des dielektrischen Verlustfaktors im Temperaturbereich von — 40° bis + 140° gestattet (Prüfung im Thermostaten). Es werden einige Ergebnisse für Hartpapier und Kunsthorn mitgeteilt. Die Messung des dielektrischen Verlustfaktors in Abhängigkeit von der Temperatur ist als zerstörungsfreie Werkstoffprüfung zum Nachweis von Umwandlungsvorgängen in Kunststoffen brauchbar.

H. Hofmeier teilt einen Vorschlag zur Bezeichnung der neuzeitlichen Kunststoffe mit. Für die Bezeichnung der Kunststoffe, die als Kabelmassen verwendet werden und zu diesem Zweck mit Füllstoffen und Weichmachern gemischt werden, kann die Bezeichnung von Gummimischungen als Vorbild dienen. Zunächst wäre das benutzte Bindemittel zu nennen, z. B. Igelit PCU oder Plexigum BB; durch drei hinter die Bezeichnung des Bindemittels gesetzte und durch schräge Striche getrennte Zahlen kann dann angegeben werden, in welchem Verhältnis Bindemittel, Weichmacher und Füllstoffe zueinander stehen. *W. Eh.*

1) Kunststoffe 28 (1938) H. 9, S. 225 bis 244, m. zahlr. Abb. u. Taf.
2) Ausführlich in: Angew. Chemie 51 (1938) S. 570.
3) VDE 0285/II. 38.

Das Ultraschall-Lichtrelais beim Fernsehen.

Von G. **Otterbein**, Berlin.

DK 534.133-8 : 621.397.3

Übersicht. Die Möglichkeit, Licht mittels Ultraschallwellen intensitätsmäßig zu steuern, ist seit längerer Zeit bekannt. Im folgenden wird gezeigt, wie weit von dieser Möglichkeit in „optisch-mechanischen" Fernsehgeräten heutzutage Gebrauch gemacht wird bzw. in welche Richtung die weitere Entwicklung weist.

Im Jahre 1932 veröffentlichten Debye und Sears[1]) Arbeiten, in denen sie zeigten, daß Schallwellen genügend hoher Frequenz in einer Flüssigkeit wie ein optisches Gitter wirken. Läßt man in einem Glastrog, der mit irgendeiner durchsichtigen Flüssigkeit gefüllt ist, einen Schwingquarz schwingen, dessen Eigenfrequenz in der Größenordnung von einigen Megahertz liegt, und sorgt man dafür, daß durch einen geeigneten Schallspiegel stehende Schallwellen erzwungen werden, so wird bei geeigneter Abbildung einer Leuchtquelle, z. B. des Fadens einer Glühlampe, durch diesen Trog hindurch, nicht allein das Abbild des Fadens entstehen, sondern in dessen Nachbarschaft werden rechts und links davon auch noch Beugungsbilder auftreten. Sie rühren daher, daß an den Druckbäuchen und Druckknoten in der Flüssigkeit infolge der Veränderung des Brechungsindex an diesen Stellen das durchgehende Licht abgebeugt wird, d. h. die Schallwellen wirken als optisches Gitter. Es treten dabei Beugungsstreifen bis zu recht hohen Ordnungen auf. Beispielsweise sind Beugungsbilder zehnter Ordnung oft noch gut zu beobachten. Sobald man erkannt hatte, daß die Lichtmenge, die in die einzelnen Ordnungen abgebeugt wird, verhältnisgleich mit der Schallamplitude[2]) und damit mit der Spannung am Schwingkristall ist, lag es auf der Hand, diese Erscheinung zur Steuerung von Licht nutzbar zu machen. In dieser Arbeit soll nun gezeigt werden, welche Möglichkeiten diese Art der Lichtmodulation beim Fernsehen bietet.

A Lichtquelle
A' Blende
L_1, L_2 Linsen, zugleich Abschluß der Ultraschallzelle
L_3 Linse
S Bildschirm
Q Schwingquarz in der Ultraschallzelle
X Ort eines Ultraschallwellenzuges in der Zelle
X' Abbildung von X auf S
l Länge der Ultraschallzelle

Abb. 1. Prinzipielle Darstellung der Lichtsteuerung für Fernsehzwecke mittels Ultraschall.

Zur Erklärung der Vorgänge beim Fernsehempfang, auf den wohl die Anwendung des Ultraschall-Lichtsteuergerätes im wesentlichen beschränkt bleiben wird, diene die Abb. 1. Bei A befindet sich eine Lichtquelle. Sie wird durch die Linsen L_1 und L_2 auf die kleine Blende A' abgebildet. Der Strahlengang ist zwischen den Linsen L_1 und L_2, also in der Flüssigkeit selbst, genügend genau parallel. Die Linse L_3 in der Nähe der Blende A' bildet nun die Ultraschallzelle, in der sich der Schwingquarz Q befindet, auf dem Schirm S ab. Der Kristall Q schwingt in seiner Eigenfrequenz und von ihm weg laufen Schallwellen, deren Frequenz natürlich gleich der des Schwingquarzes ist, in die Flüssigkeit hinein. Nehmen wir an, daß die Schwingungen des Quarzes moduliert sind, so können wir eine Schallwellengruppe, die einer bestimmten Modulationsstärke entspricht, uns gerade an der Stelle X in Abb. 1 befindlich denken. Diese Schallwellengruppe verursacht in der Ebene der Abbildung A' eine Anzahl der erwähnten Interferenzstreifen, denn sie wirkt nach der obigen Erläuterung wie ein optisches Gitter. Die nullte Ordnung, die der Abbildung von A entspricht, wird durch die Blende A' weggenommen, so daß nur das Licht höherer Ordnungen der Interferenzstreifen die Linse L_3 durchsetzt, die nun ihrerseits auf dem Schirm S ein Bild X' der betrachteten Schallwellengruppe X liefert. Die Leuchtdichte des Bildes X' ist der Schallamplitude (Druck!) bei X proportional. Da die Schallwellengruppe X aber durch die Flüssigkeit mit ihrer Schallgeschwindigkeit hindurchläuft, so wird auch das Bild X' der betrachteten Schallwellengruppe mit entsprechender Geschwindigkeit über den Schirm S laufen. Wir sehen also, daß es möglich ist, Schallwellen direkt sichtbar zu machen. Wird nun der Kristall selbst mit seiner Eigenfrequenz erregt, die mit den Bildpunktsignalen moduliert wird, so ist es nach dem Vorhergesagten auch möglich, den Schallwellenzug als Bildzeile sichtbar zu machen. Die Eigenfrequenz der beim Fernsehen benutzten Schwingkristalle liegt meistens etwa bei 10 MHz oder höher. Um das beim Fernsehen benötigte Frequenzband von einigen Megahertz auf beiden Seiten der Quarzeigenwelle übertragen zu können, muß für eine möglichst große Dämpfung des Kristalls gesorgt werden. Dazu eignen sich außer einer geeigneten mechanisch richtigen Halterung des Kristalles selbst insbesondere die schallharten Flüssigkeiten. Unter der Schallhärte einer Substanz versteht man das Verhältnis von Druckamplitude zur Bewegungsamplitude. Sie ist das Produkt aus Kreisfrequenz, Dichte und Schallgeschwindigkeit des Stoffes, in dem die Schallwelle gerade verläuft. Damit die Schallwelle räumlich nicht zu schnell abklingt, muß die benutzte Flüssigkeit außerdem eine möglichst kleine innere Reibung besitzen. Als eine der brauchbarsten Substanzen konnte Becker[3]) den Tetrachlorkohlenstoff ermitteln. Am Ende der Ultraschallzelle, die Fernsehzwecken dienen soll, muß natürlich eine Reflexion der Schallwellen vermieden werden. Dies geschieht am besten dadurch, daß die Schallwellen gegen Kork, Watte oder Glaswolle laufen, worin sie vollkommen absorbiert werden.

Infolge der Laufzeit der Schallwellen in der Flüssigkeit hat das Ultraschall-Lichtrelais eine zeitliche Verzögerung, deren Natur aber von der einer Kerrzelle oder der einer direkt modulierten Lichtquelle durchaus verschieden ist. Denn sie ist unabhängig von der Frequenz und allein abhängig von der Schallgeschwindigkeit der gewählten Flüssigkeit. Es sind von Becker, Hanle und Maercks[4]) Verfahren vorgeschlagen worden, diesen „Zeiteffekt" durch Ausblenden eines schmalen Bereiches der Lichtstreuzelle zu beseitigen und das Fernsehbild mit Hilfe einer Nipkowscheibe zu erzeugen, doch sind diese Verfahren offensichtlich mit einer untragbaren Schwächung der Beleuchtungsstärke auf dem Projektionsschirm verbunden, so daß sie nie verwirklicht wurden.

[1]) P. Debye und F. W. Sears, Proc. nat. Acad. Sci., Wash. 18 (1932) S. 410. P. Debye, Leipz. Ber. 84 (1932) S. 125.
[2]) P. Debye, Phys. Z. 33 (1932) S. 849.
[3]) H. E. R. Becker, Z. Hochfrequenztechn. 48 (1936) S. 89.
[4]) H. E. R. Becker, W. Hanle u. O. Maercks, Phys. Z. 37 (1936) S. 414. O. Maercks, Phys. Z. 37 (1936) S. 562. H. E. R. Becker wie Fußn. 3.

Becker[5]) und insbesondere Jeffree[6]) haben einen Weg gezeigt, wie man die außerordentlich große optische Öffnung der Ultraschall-Lichtstreuzelle ausnutzen kann. Dabei wird eine Anordnung mit optischer Ablenkung durch Spiegelräder verwandt, wie dies Abb. 2 zeigt. Denken wir uns in Abb. 2 einmal an Stelle des

Abb. 2. Schematische Darstellung der Bilderzeugung mittels zweier Spiegelräder und Ultraschall-Lichtsteuerung.

Spiegelrades Sp_2 einen Projektionsschirm, so wird bei dieser Anordnung durch das Zeilenschreibgerät — das Polygonspiegelrad Sp_1 — das Innere der Zelle Z, in die der bildpunktmodulierte Schallwellenzug, der einer Zeile entspricht, hineinläuft, auf diesem (gedachten) Schirm so abgebildet, daß die Geschwindigkeit der einzelnen Bildpunkte der Zeile in entgegengesetzter Richtung gerade der Schallgeschwindigkeit der benutzten Zeilenfüllung gleich ist. Auf diesem Wege wird die zeitliche Verschiebung der einzelnen Bildpunkte ausgeglichen. Da außerdem in jedem Raumelement der Ultraschallwelle noch die Modulation über eine beträchtliche Zeit (nämlich l/v in Abb. 1) gespeichert ist, so erscheint auf dem Schirm nicht allein das Bild einer stehenden Zeile, sondern die Helligkeit der Zeile ist durch die Speicherwirkung erheblich vergrößert. Es ist so gelungen, die Bildhelligkeit etwa um das Achtzigfache zu erhöhen und damit überhaupt mit Ultraschall Fernsehbilder befriedigender Güte zu erzeugen. Das zweite Spiegelrad Sp_2 hat nur dafür zu sorgen, daß die einzelnen Bildzeilen zu einem ganzen Bild auseinandergezogen werden und so auf dem Schirm S ein Fernsehbild erscheint. Der benötigte Gleichlauf des Spiegelrades Sp_1 wird natürlich durch die Zeilensynchronisierimpulse und der des Spiegelrades Sp_2 durch die Bildsynchronisierimpulse geregelt. Sp_1 läuft also sehr rasch um, d. h. bei 441 Zeilen und 25 Bildwechseln/s und 21 Spiegelsegmenten ergibt sich eine Umdrehungszahl von 31 500/min. Sp_2 läuft entsprechend langsamer um, d. h. bei 15 Spiegelsegmenten ergeben sich 100 U/min.

Abb. 3. Darstellung einer „Zweizellenanordnung".

Eine der Hauptschwierigkeiten bei der bisher beschriebenen Fernsehempfangsanordnung ist zweifellos der Aufbau und Betrieb des schnell laufenden Zeilenspiegelrades. Der Wunsch, von diesem Umstande frei zu kommen, führte Okolicsanyi[7]) auf mehrere Vorschläge, von denen hier nur die beiden wichtigsten beschrieben werden sollen. Der erste Vorschlag verdient deshalb besonderes Interesse, weil er eine Nachbildung eines optischen Schlitzverschlusses mit Hilfe von Ultraschall darstellt. In Abb. 3 sehen wir zwei Ultraschallzellen so angeordnet, daß das Innere der ersten Zelle durch die Linse L in die zweite Zelle hinein abgebildet wird. Der Schwingkristall der ersten Ultraschallzelle wird nur mit den Zeilensynchronisierimpulsen moduliert, während die zweite Zelle mit den Bildpunktsignalen betrieben wird. In die erste Zelle läuft also ein sehr kurzer Schallwellenimpuls hinein, der optisch als kleine gleichmäßig fortlaufende Öffnung zu deuten ist. Durch die Abbildung vermittels L wird also erreicht, daß durch die zweite Zelle ein Lichtstrahl hindurchläuft. In die zweite Zelle wird entgegen diesem laufenden Lichtstrahl der bildmodulierte Schallwellenzug gesandt. Die Ultraschallzellen sind dabei so angeordnet, daß durch die Impulse in der ersten Zelle das dem Kristall in der zweiten Zelle entgegengesetzte Zellenende beleuchtet wird, wenn der Anfang einer Bildzeile gerade an diesem Ende angelangt ist. Dies geschieht zu einer Zeit, die der halben Zeilendauer entspricht. Am Ende einer Zeile fallen also das Ende des Impulssignals der ersten Zelle und das Ende der bildmodulierten Schallwelle zeitlich am Ort des Schwingkristalls der zweiten Zelle zusammen. Die ganze Zeile wird daher in der zweiten Hälfte der Zeilensendung aufgezeichnet. Die wirksame Länge der Zellen ist das halbe Produkt aus Zeilenzeit und Schallgeschwindigkeit. Der Umstand, daß nur die Hälfte der Impulswelle ausgenutzt wird, ist dadurch ausgeglichen, daß in der zweiten Zelle Impulssignal und Bildsignale mit derselben Geschwindigkeit einander entgegenlaufen. Es ist ohne weiteres zu verstehen, daß die Impulszelle bei dieser Anordnung doppelt so lang wird als die Bildzelle. Abb. 4 zeigt eine solche Anordnung. Das Bild der zweiten Zelle (Bildzeilen!) wird wieder durch ein langsam umlaufendes Spiegelrad zum ganzen Bild auseinandergezogen und projiziert. Dieser Gedanke, durch eine gegenläufige optische Abbildung eines Schallwellenzuges gleicher Geschwindigkeit eine Kompensation der Bewegung des Zeilenschallwellenzuges zu erreichen, ist sicherlich bestechend, aber leider hat diese Anordnung bis heute noch keine Anwendung finden können. Durch die beiden Ultraschallblenden, von denen die erste durch die Zeilenimpulse und die zweite durch die einzelnen Bildpunktsignale begrenzt ist, ist eine sehr große Aperturbegrenzung bedingt, welche die für ein Fernsehbild mindestens zu fordernde Lichtstärke mit den heutigen Lichtquellen nicht herzustellen gestattet. Der Gedanke aber ist sicherlich wert, einmal für einen weiteren Leserkreis erörtert zu werden, und darum konnte er hier nicht übergangen werden.

Abb. 4. Anordnung zur Erzeugung eines Fernsehbildes mit zwei Ultraschallzellen.

Ein weiteres Verfahren, das sehr aussichtsreich erscheint und in England auch schon zu praktischen Ergebnissen geführt hat, ist das folgende. Nach Abb. 5 baut man auch dabei ultraschallmäßig in einer Zelle eine ganze Bildzeile auf, d. h. man läßt eine Schallwelle, die Bildpunktmodulation trägt, in die Zellenfüllung hinein-

[5]) Wie Fußnote 3.
[6]) J. H. Jeffree, Television, Lond. 9 (1936) S. 260. R. H. Cricks, Kinematograph Weekly 20 (1936) S. 45.
[7]) F. v. Okolicsanyi, Wireless Engr. 14 (1937) S. 527; Television Lond. 11 (1938) S. 69.

laufen. In dem Augenblick, in dem die ganze Bildzeile ultraschallmäßig in der Zelle gespeichert ist, benutzt man den nun folgenden Zeilensynchronisierimpuls zur Zündung einer Lampe über die Dauer eines Bildpunktes. Dafür haben sich die neuzeitlichen lichtstarken Hochdruckquecksilberlampen sehr geeignet erwiesen. Die Abbildung des Zelleninneren ergibt dann in uns jetzt geläufiger Weise eine stehende, d. h. sehr kurzzeitig nicht bewegte Bildzeile. Die nun einzeln nacheinander folgenden Zeilen werden über ein Spiegel r a d *Sp* zum fertigen Fernsehbild auseinandergezogen. Der große Vorteil der Anordnung besteht einerseits darin, daß nur einmal eine Aperturbegrenzung erfolgt und daß anderseits die Lichtquelle bei stoßweisem Betrieb hoch überlastet werden kann, so daß die Momentanleuchtdichten, auf die es hier allein ankommt, sehr hohe Werte annehmen können. Anderseits ist die Bedingung, daß die Lampe nur auf die Dauer eines Bildpunktes aufleuchtet (weniger als 10^{-6} s), kaum noch erfüllbar. Deshalb wird die Zeile über einen Schwingspiegel *Ssp*, der mit Zeilenfrequenz schwingt, abgebildet. Der Schwingspiegel wird in seiner Amplitude so eingeregelt, daß die Zeilenbewegung, die infolge der l ä n g e r e n Belichtungszeit als der e i n e r Bildpunktdauer auftritt (und so ohne Schwingspiegel eine beachtliche Unschärfe des Bildes hervorrufen würde), gerade kompensiert wird. Die Amplitudenregelung des Schwingspiegels bringt keine besonderen Schwierigkeiten mit sich, so daß durch dieses Verfahren einmal das früher notwendige schnell laufende Spiegelrad erübrigt wird, zum anderen aber durchaus befriedigende Bilder erreicht werden, die bezüglich der Helligkeit und der Schärfe nichts zu wünschen übrig lassen.

A Lichtquelle
S Bildschirm
Sp Spiegelrad für Bildablenkung
Ssp Schwingspiegel
Z Ultraschallzelle

Abb. 5. Erzeugung eines Fernsehbildes mit einer Ultraschallzelle und impulsmodulierter Lichtquelle.

Alle Ultraschallverfahren beim Fernsehen stellen an sich eine Art Zwischenfilmverfahren dar, weil durch die modulierte Schallwelle zumindest e i n e Zeile aufgezeichnet werden kann, die durch geeignete optische Mittel und Abbildungsverfahren auch sichtbar zu machen ist. Der Vorteil gegenüber den bekannten richtigen Zwischenfilmverfahren liegt jedoch darin, daß die „Beschriftung" ohne irgendeine Strahlschwenkung oder mechanische Weiterbewegung des Aufzeichnungsträgers erfolgt, sondern daß gerade die Aufzeichnung immer in demselben Mittel erfolgt und durch geeignete Anordnung sich selbsttätig nach Gebrauch wieder auslöscht.

Zusammenfassung.

Die Ansicht, daß eine hohe Auflösung und Güte des Fernsehbildes durch rein mechanisch betriebene Fernsehgeräte heute nicht mehr zu gewährleisten sei, ist widerlegt worden durch die Entwicklung von insbesondere Fernsehempfangsgeräten, bei denen die Steuerung der Lichtstärke der einzelnen Bildelemente durch Ultraschall-Lichtsteuergeräte erfolgt. Deren Wirkungsweise und die weiterhin benötigten Hilfsmittel zur Erzeugung eines Fernsehbildes werden beschrieben. Derartige Fernsehgeräte sind durchaus in der Lage, den Forderungen gerecht zu werden, die durch die heute bestehenden Fernsehnormen gegeben sind. Es hat sich gezeigt, daß auf diesem Wege Fernsehbilder bester Güte durch rein optisch-mechanische Mittel zu erzeugen sind, daß man also nicht einzig und allein auf Kathodenstrahlenröhren angewiesen ist.

Ladeeinrichtungen für Fernsprechanlagen mit selbsttätiger Spannungsregelung.

Von A. Kammerer, München.

DK 621.356 : 621.395

Übersicht. Die Sammlerladeeinrichtungen für Fernmeldeanlagen laden bei unveränderter Netzspannung mit abnehmenden Strömen. In Schaubildern wird der Zusammenhang zwischen Spannungen und Strömen bei Pufferschaltungen erläutert und das Verhalten der Anlagen bei Belastungsschwankungen sowie bei Schwankungen der Netzspannung beschrieben. Ferner wird die äußere Wirkungsweise von Ladeeinrichtungen mit selbsttätiger Spannungsbegrenzung gezeigt, wobei eine Ladeeinrichtung mit „Regeldrossel" genauer beschrieben wird.

Die Sammler von Fernsprechanlagen wurden früher in der Weise geladen, daß man sie unmittelbar an eine Gleichstromquelle legte, ohne sie gleichzeitig zu belasten. Neuerdings werden sie gepuffert, d. h. es liegt parallel zum Sammler und zur Stromquelle noch eine Last[1]). Die bei Fernsprechanlagen gebräuchliche Pufferung unterscheidet sich jedoch von den entsprechenden Schaltungen der Starkstromtechnik, bei denen mit unveränderlichem Strom und zunehmender aufgedrückter Spannung geladen wird, dadurch, daß man mit unveränderter äußerer Spannung und demzufolge bei abnehmendem Strom lädt. Bei den Ladegeräten für Sammler von Fernmeldeanlagen wird außerdem noch vielfach die Forderung gestellt, daß die Sammlerspannung innerhalb bestimmter und verhältnismäßig enger Grenzen selbsttätig geregelt werden muß. Der vorliegende Aufsatz hat den Zweck, einen allgemeinen Einblick über das betriebliche Verhalten derartiger Schaltungen zu vermitteln, wobei vorerst noch offen bleibt, durch welche technischen Mittel die selbsttätige Spannungsregelung herbeigeführt wird.

Abb. 1. Einfache Pufferschaltung.

Es ist zweckmäßig, sich zunächst über die Verhältnisse bei der einfachen Pufferschaltung (ohne Spannungsbegrenzung) klar zu werden; der Übergang zur Pufferschaltung mit Spannungsbegrenzung bietet dann keine besonderen Schwierigkeiten mehr. Abb. 1 zeigt eine derartige einfache Pufferschaltung. Vernachlässigt man den inneren Widerstand des Sammlers, was praktisch zulässig ist, so können unter Beachtung der beigeschriebenen Bezeichnung aus Abb. 1 folgende Beziehungen abgelesen werden:

$$i_1 = \frac{u - u_s}{r_1} \quad \text{Speisestrom,} \qquad (1)$$

$$i_2 = \frac{u_s}{r_2} \quad \text{Belastungsstrom,} \qquad (2)$$

$$i_3 = i_1 - i_2 = \frac{u - u_s}{r_1} - \frac{u_s}{r_2} \quad \text{Sammlerstrom.} \qquad (3)$$

[1]) Vgl. a. ETZ 49 (1928) S. 1663; 50 (1929) S. 1768; 52 (1931) S. 246; 58 (1937) S. 608.

Aus der zeichnerischen Darstellung (Abb. 2) dieser drei Gleichungen sieht man, daß der Speisestrom i_1 unter diesen Umständen unabhängig vom Belastungsstrom i_2 ist. Wenn u und r_2 unveränderlich sind, liefert er eine geneigte Gerade, die die Stromachse im Punkte u/r_1, die Sammlerspannungsachse im Punkte $u_s = u$ schneidet. Ferner ist i_2 unter der gemachten Voraussetzung unabhängig von u und verhältnisgleich u_s (im Nullpunkt entspringende Gerade). i_2 und i_3 geben zusammen den Speisestrom i_1. Im Schnittpunkt P_0 der Stromlinie i_3 mit der waagerechten Achse wird der Sammler weder geladen noch entladen. Links von diesem Punkt findet Ladung, rechts von ihm Entladung statt. In P_0 wird der Strombedarf der Belastung ausschließlich von der Stromquelle gedeckt ($i_3 = 0$; $i_1 = i_2$).

Abb. 2. Ströme, wenn u und r_2 unveränderlich.

Abb. 3. Ströme, wenn u erhöht, r_2 unveränderlich.

Der Gleichgewichtszustand (P_0) würde sich im übrigen nach einer von der Größe des Ladegerätes und der Kapazität des Sammlers abhängigen Zeit von selbst einstellen, gleichgültig ob man von höheren oder von niederen Sammlerspannungen kommt, und das Gleichgewicht bleibt so lange bestehen, bis es von außen wieder gestört wird. Verändert man die Spannung der Stromquelle um den Betrag Δu, so ergibt sich durch Einsetzen in Gl. (1), daß die Kennlinie i_1/u_s parallel mit sich selbst verschoben wird, denn es ist

$$i_1 = \frac{u + \Delta u - u_s}{r_1} \quad \text{und für } u_s = 0$$

$$i_1 = \frac{u + \Delta u}{r_1} \quad \text{bzw. für } u_s = u$$

$$i_1 = \frac{\Delta u}{r_1}.$$

Demnach muß auch P_0 bei Vergrößerung und Verschiebung von u seine Lage verändern, und zwar verschiebt sich P_0 (Abb. 3) bei Erniedrigung von u nach links, bei Erhöhung nach rechts. Dabei ist natürlich vorausgesetzt, daß die Belastung unveränderlich bleibt. Hält man anderseits u unverändert, und verändert man r_2, so muß sich der Leitwert $1/r_2$ und damit nach Gl. (2) auch die Steigung von i_2 sowie die Lage von P_0 ändern. Erhöht man nämlich die Belastung (Verringern des Gesamtwiderstandes durch Zuschalten von mehreren Verbrauchern), so wandert P_0 nach links (Abb. 4), erniedrigt man sie, so rückt er nach rechts. Ist keine Belastung vorhanden ($r_2 = \infty$), so erhält man den eingangs erwähnten Fall, daß geladen wird, ohne zu puffern; dann ist der Ladestrom gleich dem Sammlerstrom $i_1 = i_3$ und $i_2 = 0$. Es ergibt sich daher, daß eine Abweichung von der Gleichgewichtslage P_0 entweder durch Ändern der Spannung der Gleichstromquelle oder durch Ändern der Last verursacht werden kann.

Nachdem wir uns über die Eigenschaften der Ladeeinrichtungen ohne Spannungsbegrenzung klar geworden sind, können wir nunmehr auf die Pufferschaltungen mit Spannungsbegrenzung übergehen. Die äußere Wirkung derartiger Geräte besteht darin, daß sich die Speiseströme durch eine besondere Einrichtung an zwei bestimmten Punkten *1* und *2* sprunghaft ändern (Abb. 5). Wie zu erkennen ist, kann P_0 rechts von *2*, zwischen *1* und *2* oder links von *1* liegen. Liegt P_0 rechts von *2*, so sinkt der Speisestrom (bei unveränderlicher Belastung) mit zu-

Abb. 4. Ströme, wenn u unveränderlich, r_2 erniedrigt.

Abb. 5. Regelgrenzen, u und r_2 unveränderlich.

nehmender Sammlerspannung zunächst bis auf einen Wert, der bei *2* erreicht wird. An dieser Stelle fällt er plötzlich auf einen sehr kleinen Wert (auf den Reststrom i_r, der der Übersichtlichkeit halber vorläufig vernachlässigt wurde). In diesem Augenblick muß der Sammler den ganzen Strom für die Belastung liefern, denn es ist nach Annahme $i_1 = 0$ und somit $i_2 = -i_3$. Infolgedessen entlädt sich der Sammler, wobei seine Spannung fällt, bis sie schließlich die untere Grenze bei *1* erreicht hat. Dort springt i_1 wieder von Null auf den höheren Grenzwert (über 1). Bleibt die Belastung und die aufgedrückte Gleichspannung weiter unverändert, so würde sich jetzt der Kreislauf in bestimmten Zeitabständen selbsttätig wiederholen, wobei der Sammler geladen und entladen wird und die Sammlerspannung zwischen den Grenzen *1* und *2* hin und her pendelt. Die Größe dieser Zeitabstände hängt von der Größe des Ladegerätes im Vergleich zum Sammler ab. Liegt P_0 zwischen *1* und *2* (Abb. 6), so würde sich, ausgehend von kleineren Spannungen, der Speisestrom bis auf den Wert vermindern, bei dem Gleichgewicht zwischen i_1 und i_2 besteht (P_0). Kommt man von größeren Spannungen, so müßte entsprechend den vorausgegangenen Betrachtungen der Linienzug *abcd* durchlaufen werden. Die Regelung kommt dann in *d* (über P_0) zum Stillstand.

Abb. 6. Regelvorgang.

Abb. 7. Keine Regelung.

Liegt endlich P_0 links von *1*, so wird erklärlicherweise überhaupt nicht geregelt (Abb. 7). Soll also die Sammlerspannung die Grenzen bei *1* und *2* nicht überschreiten, so muß P_0 mindestens rechts von *1* bleiben. Volle Ausrege-

lung tritt nur ein, wenn P_0 außerhalb von *2* liegt. In Wirklichkeit ist nun die Belastung bei Fernmeldeanlagen nicht konstant, sie ändert sich vielmehr dauernd und unregelmäßig durch Zu- und Abschalten von Relais und Relaisgruppen usw. Dadurch muß aber auch P_0 in bezug auf die beiden Grenzpunkte *1* und *2* wandern und somit ein ständiges Laden und Entladen des Sammlers stattfinden. P_0 verschiebt sich ferner noch durch Schwankungen der Gleichspannung u, die, wie bereits erwähnt, durch Veränderung der Netzspannung hervorgerufen werden. Ferner ändern sich durch Schwankungen der Netzspannung u auch die Regelgrenzen u_{s_1} und u_{s_2} die für unveränderliches u gelten, noch um einen Betrag $\Delta u_s = \Delta u_s' + \Delta u_s''$, so daß

$$u_{s_o} - u_{s_u} = u_{s_2} - u_{s_1} + \Delta u_s.$$

Die zulässige Breite der Regelschleife $u_{s_2} = u_{s_1}$ (Abb. 8), bei unveränderlicher Netzspannung ergibt sich demnach, indem man von dem vorgeschriebenen Bereich $u_{s_o} - u_{s_u}$ den Betrag Δu_s abzieht, der am besten durch Versuche am Gerät selbst festzustellen ist.

Abb. 8. Verschiebung der Regelgrenzen.

Abb. 9. Regeleinrichtung.

Von den verschiedenen Ladegeräten mit selbsttätiger Spannungsbegrenzung nehmen diejenigen mit sogenannter Regeldrossel einen besonderen Platz ein, da sie ohne Kontakte arbeiten[2]). Ein derartiges Gerät soll deshalb noch kurz beschrieben werden. Es kommt dann in Betracht, wenn die Ladeeinrichtungen nicht überwacht werden können. Kennzeichnend für die Regeldrossel ist ihre vom Belastungsstrom abhängige Induktivität. Sie erhält zwei Wicklungen: eine Wicklung liegt im Oberspannungskreis eines Umspanners, der vom Wechselstromnetz aus gespeist wird, die andere Wicklung wird von dem Gleichstrom durchflossen, mit dem der Sammler geladen wird. Die Umformung des Wechselstromes in Gleichstrom geschieht in einem Trockengleichrichter, der an die Unterspannungsseite des Umspanners angeschlossen ist. Zur Glättung des Gleichstromes ist noch eine sogenannte Glättungsdrossel vorgesehen (Abb. 9). Der Zusammenhang der Selbstinduktion L der Regeldrossel mit dem Strom ergibt sich aus der magnetischen Kennlinie, die die Beziehung zwischen Magnetfluß Φ und dem Gleichstrom i darstellt (Abb. 10). Da nach dem allgemeinen Induktionsgesetz[3])

$$e = -w \frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{di}{dt}$$

ist, so wird

$$L = w \frac{d\Phi}{di}.$$

Nun besteht aber auch ein bestimmtes, annähernd konstantes Verhältnis zwischen dem Gleichstrom i und dem Wechselstrom I der Regeldrossel, so daß sich also die Beziehung zwischen I und i als Gerade durch den Anfangspunkt darstellen läßt. Multipliziert man die Werte von L mit den entsprechenden Werten von I und der Kreisfrequenz $\omega = 2\pi f$, so erhält man die Spannung u_D auf der Wechselstromseite der Regeldrossel in Abhängigkeit von i bzw. von I. Die Darstellung liefert eine S-förmige Kurve. Die Stärke der Krümmung dieser Kurve läßt sich durch den Querschnitt der Drossel und durch die Größe ihres Luftspaltes beeinflussen. Auch der ohmsche Widerstand des Trockengleichrichters und der Scheinwiderstand der Glättungsdrossel haben einen Einfluß auf den Kurvenverlauf. Neben dem an der Regeldrossel auftretenden induktiven Spannungsabfall sind auch noch der ohmsche Spannungsabfall am Trockengleichrichter und das induktive Spannungsgefälle an der Glättungsdrossel zu berücksichtigen, die man sich für die Betrachtung der Wechselstromseite auf diese übersetzt denken muß.

Abb. 10. Kennlinien der Regeldrossel.

Schaltet man eine derartige Ladeeinrichtung (vgl. dazu Abb. 9) an einen Sammler, so treten an den Punkten a, b, c und d (Abb. 11) Unstetigkeiten auf, die sich dadurch auszeichnen, daß zwischen ihnen nicht etwa die gestrichelte Kurve durchlaufen wird, sondern daß in a Kippen von einem höheren Stromwert auf einen niedrigeren bei b und in c wieder Kippen von einem niedrigeren Stromwert auf einen höheren bei d zustande kommt. Dieses Verhalten ist durch die Eigenschaft der Sammler begründet, die fallende Ströme nur bei steigender Sammlerspannung aufnehmen können und umgekehrt. Denkt man sich nunmehr wieder alle Spannungen auf die Gleichstromseite übersetzt, so lautet die vollständige Spannungsgleichung

Abb. 11. Spannungs-Stromkennlinie der Regelkennlinie.

$$u = u_S + u_D + u_G,$$

wobei u die aufgedrückte Spannung, u_D die Spannung der Regeldrossel und u_G diejenige der Glättungsdrossel bedeutet. Daraus ergibt sich die Sammlerspannung zu

$$u_S = u - (u_D + u_G).$$

Die Sammlerspannungen u_S sind also von O' zu zählen (vgl. Abb. 11). Die Breite der Regelschleife *abcd*, die durch die beiden Sammlerspannungsgrenzen gegeben ist, hängt damit von der Stärke der Krümmung der S-förmigen Strom-Spannungs-Kennlinie ab. Der Strom sinkt

[2]) Vgl. ETZ 54 (1933) S. 1037; 55 (1934) S. 1026; 56 (1935) S. 1117.
[3]) Arnold, Wechselstromtechnik Bd. 2, 2. Aufl., S. 130. Berlin: Julius Springer 1910.

beim Kippen von a nach b nicht, wie früher angenommen, auf den Wert Null, sondern auf den kleinen und bei zunehmender Sammlerspannung langsam fallenden Reststrom i_r, durch den der Sammler immer noch weiter aufgeladen wird. Es wird angestrebt, diesen Reststrom mit Rücksicht auf den Sammler möglichst klein zu halten. Die Ladeeinrichtung muß selbstverständlich für den größten vorkommenden Speisestrom bemessen werden. Die Sammlerspannungsgrenzen verschieben sich, wie bereits oben angedeutet, durch die Netzspannungsschwankungen.

Zusammenfassung.

Die Wirkungsweise der Ladeeinrichtungen ohne selbsttätige Spannungsregelung lassen sich durch sehr einfache Schaubilder für die verschiedenen vorkommenden Betriebsbedingungen darstellen. Das aus der magnetischen Kennlinie der Regeldrossel abgeleitete Spannungs-Strom-Diagramm liefert die Regelgrenzen für unveränderliche Klemmenspannung. Die Regelgrenzen verschieben sich bei Veränderung der Klemmenspannung.

Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen.

VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel.

DK 621.315.3(083.133.1)

VDE 0250 U.

Entwurf.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Einspruchsfrist: 1. März 1939.

Änderung der ab 15. Oktober 1936 gültigen Fassung.

§ 7 wird § 7 A.

§ 7 B.

Einadrige Leuchtröhrenleitungen für Nennspannungen bis 6 kV.

a) Bezeichnung: NLO (UV), NLOU (UV).

Leuchtröhrenleitungen sind mit mehrdrähtigem Kupferleiter in Nennquerschnitten von 1,5 bis 4 mm² zulässig. Der Durchmesser der Einzeldrähte darf bei 1,5 und 2,5 mm² höchstens 0,25 mm, bei 4 mm² höchstens 0,30 mm sein.

Der Leiter ist mit einer gegen Ozon widerstandsfähigen Gummihülle zu umgeben, deren Mindestwanddicke 3 mm betragen muß. Die Gummihülle braucht den Vorschriften des § 3 nicht zu genügen [Bezeichnung: NLO (UV)].

Die Gummihülle kann mit einer getränkten bzw. lackierten Beflechtung aus Baumwolle, Hanf oder einem anderen gleichwertigen Faserstoff umgeben sein [Bezeichnung: NLOU (UV)].

b) Bezeichnung: NLOR (UV), NLORU (UV).

Für den Querschnittsbereich, den Aufbau der Leiter und der Gummihülle gelten die Bestimmungen unter a). Über der Gummihülle ist ein enganliegender gefalzter Blechmantel aufgebracht, dessen Wanddicke mindestens 0,2 mm betragen muß [Bezeichnung: NLOR (UV)].

Falls Zink oder Aluminium als Mantelwerkstoff verwendet wird, muß die Wanddicke mindestens 0,25 mm betragen. In metallischer Verbindung mit dem Metallmantel muß die Leitung einen verzinnten Kupferleiter von 1,5 mm² Querschnitt als Beidraht erhalten. Hierüber kann eine Umhüllung angebracht sein. Der Aufbau des Beidrahtes kann ein- oder mehrdrähtig sein [Bezeichnung: NLORU (UV)].

Für den Aufbau und die Prüfung des Metallmantels und der Schutzhülle gelten die Bestimmungen in §§ 8 und 9.

c) Prüfung der Leitungen.

Leuchtröhrenleitungen ohne Metallmantel müssen nach einstündiger Lagerung in Wasser von nicht mehr als 25° C während 30 min eine Wechselspannung von 10 kV zwischen Leiter und umgebendem Wasser bei 50 Per/s aushalten. Leuchtröhrenleitungen mit Metallmantel müssen während 30 min eine Wechselspannung von 10 kV zwischen Leiter und Mantel bei 50 Per/s aushalten.

Leuchtröhrenleitungen mit und ohne Metallmantel müssen der folgenden Ozonprüfung widerstehen, wobei der Metallmantel und die Umhüllung vor der Prüfung zu entfernen sind:

Die Leitung wird um einen Dorn von 5-fachem Außendurchmesser der Leitung in mindestens drei Windungen gewickelt und nach Abziehen vom Dorn in einen Wärmeschrank 10-mal 24 h ununterbrochen auf einer Temperatur von $70 \pm 2°$ gehalten. Danach wird der Prüfling in ein Gefäß mit Bleikugeln von 3 bis 5 mm Dmr. so eingebettet, daß nur die Enden der Wendel um etwa 20 cm aus den Kugeln herausragen. Zwischen Leiter und Bleikugeln wird eine Wechselspannung von 10 kV bei 50 Per/s während 2 h angelegt. Die Prüfung wird an mindestens 2 Stücken vorgenommen und gilt als bestanden, wenn kein Durchschlag eintritt und nach Beendigung der Spannungsprüfung an der Leitung keine Rißbildung der Isolierhülle bemerkbar ist.

Vorschriften für schmiegsame Elektrowärmegeräte.

VDE-Ausschuß für Elektrowärmegeräte.

DK 621.365.45(083.133.1) : 644.19

VDE 0725/XII. 38.

Änderungen gegenüber den in ETZ 58 (1937) S. 756; 59 (1938) S. 1072 veröffentlichten Entwürfen.

§ 1.

Geltungsbeginn.

a) Diese Vorschriften gelten für schmiegsame Elektrowärmegeräte, die nach dem 1. Oktober 1940 hergestellt werden[1]).

§ 27.

Belastungs- und Überlastungsprüfung.

d) Nach Abkühlung auf Raumtemperatur wird das Gerät im gleichen Prüfkasten so angeordnet, daß ein Teil des Gerätes aus der Abdeckung herausragt. Hierbei muß die jeweils nach der Bauart des Gerätes ungünstigste Abdeckung gewählt werden. Es muß jedoch mindestens $^1/_3$ des Gerätes (zusammenhängende Fläche) sich innerhalb der Abdeckung befinden. Die Prüfung ist entsprechend § 27 a), Abs. 4, durchzuführen.

Die bei teilweiser Abdeckung festgestellten Temperaturen dürfen nicht um mehr als 50% (gerechnet von 0°) von den an den gleichen Meßstellen unter § 27 c) festgestellten abweichen. Sie dürfen 140° nicht überschreiten.

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Dezember 1938.
Vorher haben bereits Bestimmungen für Heizkissen bestanden, die in VDE 0720/1934 „Vorschriften für Elektrowärmegeräte für Spannungen bis 250 V gegen Erde“ enthalten waren.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.316.267 : 623

Luftschutzraum der Lastverteilerstelle in Paris. [Nach Techn. mod. 30 (1938) S. 518; 8 S., 11 Abb.]

Die Union d'Électricité, die im Verbundbetrieb mit einer Reihe bedeutender französischer Dampf- und Wasserkraftwerke arbeitet[1]), liefert etwa die Hälfte des Energiebedarfes der Stadt Paris und versorgt außerdem die Pariser U-Bahn, die Umgebung von Paris sowie einige wichtige Bahnlinien. Die Befehlsstelle für dieses umfangreiche Netz einschließlich Kraftwerke, Unterstationen und Freileitungen ist in der Lastverteilerstelle in Paris untergebracht; entsprechend der Wichtigkeit wurde ein bomben- und gassicherer Luftschutzraum errichtet, nachdem festgestellt worden war, daß es billiger ist, einen Schutzraum zu bauen als die vorhandene Lastverteilerstelle entsprechend umzubauen.

Die Grundfläche dieses zweigeschossigen Schutzraumes beträgt 410 m², die Mauern haben teilweise Stärken bis zu 2,5 m; im oberen Stockwerk befinden sich zwei Eingänge mit Luftschleusen, deren Türen für einen Flächendruck von 120 t/m² bemessen sind (Abb. 1). Im unteren Stockwerk sind der Maschinenraum und die Notwarte der Lastverteilerstelle untergebracht; beide Stockwerke, die durch Treppen verbunden sind, sind durch eine etwa 1,75 m starke Betonmauer in zwei Teile getrennt, damit bei etwaiger Zerstörung des einen Raumes der andere verwendungsfähig bleibt.

oberes Stockwerk — unteres Stockwerk

1 Eingang
2 Schleuse
3 Aufenthaltsraum
4 Waschraum, W. C.
5 Notbelüftungsanlage
6 Krankenstube
7 Lebensmittellager
8 Hauptmaschinenhalle
9 Notwarte der Lastverteilerstelle
10 Diesel- und Pumpenraum
11 Verteiler- und Akkumulatorenraum

Abb. 1. Grundrisse des zweigeschossigen Luftschutzraumes der Lastverteilerstelle in Paris.

Der Maschinenraum enthält zwei Luftaufbereitungsanlagen mit je einem Lüfter von 1600 und 7000 m³/h Förderleistung mit elektrischem Antrieb, ferner einen Diesel-Notstromsatz sowie eine Akkumulatorenbatterie. Die Notwart verfügt über alle erforderlichen Steuerorgane zur Aufrechterhaltung des Betriebes; durch Fernsprechanlage ist sie mit den Unterstationen und Kraftwerken in Verbindung.

Für die elektrischen Einrichtungen eines ähnlichen Schutzeraumes für 150 Personen für eine industrielle Anlage ist eine 220 V- und 24 V-Anlage vorgesehen. An 220 V sind alle Motoren für Lüfter und Pumpen sowie ein Warmwasserbereiter (30 l) angeschlossen; Speisung erfolgt entweder vom Haustransformator des Werkes oder als Reserve von einem 5,5 kVA-

1) ETZ 60 (1939) H. 1, S. 25.

Generator, der mit einem 8 PS-Diesel unmittelbar gekuppelt ist. Der Notstromsatz, der außerhalb des eigentlichen Schutzraumes untergebracht ist, wird bei Luftgefahr angelassen und kann vom Schutzraum gesteuert werden. Für die gesamte Beleuchtungsanlage einschließlich Notbeleuchtung wurden 24 V gewählt, damit für letztere keine besonderen Leitungen verlegt werden müssen; außerdem ist der Lichtstrom einer 25 W-Lampe bei 24 V etwa 335 Lm gegen 215 Lm bei 110 V. Die Speisung der Lichtanlage erfolgt über einen Transformator 220/24 V entweder vom Haustransformator oder vom Notstromsatz; als Reserve ist eine Akkumulatorenbatterie von 12 Zellen 24 V, 200 Ah vorgesehen, die bei Ausfall der beiden anderen Stromquellen selbsttätig eingeschaltet wird; Ladung erfolgt durch Umformer. Die Steuerung der gesamten elektrischen Anlage erfolgt von einer Schalttafel, auf der durch akustische und optische Zeichen auch der Wasserstand des Trinkwasserbehälters sowie des Kühlwassers für den Dieselsatz angezeigt wird. Über Fernsprechanschlüsse ist der Leiter des Schutzraumes mit wichtigen Außenstellen verbunden.

B. Kre.

DK 621.315.2.027.3

Verbesserungen an Starkstromkabeln und deren Zubehör. [Nach A. Tisseuil, Rev. gén. Électr. 44 (1938) S. 163; 5 S., 9 Abb.]

Die Abhandlung berichtet aus dem Gebiet der Hochspannungskabeltechnik über Verbesserungen der Aufbaustoffe und der Herstellungsverfahren sowie über neue Kabelarten, Sperrmuffen und Kondensatorendverschlüsse. — Zur Erzielung einer höheren Dichte wurde das Isolationspapier mit Essigsäure vorbehandelt („azetyliertes" Papier). Eine graphische Darstellung zeigt, daß das Papier nach diesem Verfahren ohne Beeinträchtigung der Öl-Absorptionsfähigkeit und der mechanischen Eigenschaften einen höheren Isolationswiderstand und geringere dielektrische Verluste aufweist. — Die auf Grund von Alterungsversuchen gewonnene Erkenntnis, daß sich bei der üblichen Kabeltränkung im Kessel und späterer Verbleiung eine gewisse Hohlraumbildung innerhalb der Isolation nicht vermeiden läßt, führte zur Tränkung nach der Verbleiung (wie sie bei Ölkabeln üblich ist). Der Tränkprozeß kann dabei ständig genauestens überwacht werden. — Einigen neueren Kabelarten, die kurz beschrieben werden, liegen folgende Gedanken zu Grunde: Speicherung von Tränkmasse in der Nähe des Leiters, also im Bereich der höchsten elektrischen Beanspruchung, die jedoch nicht im elektrischen Feld liegt, und Abstufung der Papierschichten nach verschiedenen Absorptionskoeffizienten, damit in der Nähe des Leiters ein möglichst vollkommener Tränkzustand erhalten bleibt. Unterteilung der Isolation durch metallische Zwischenlagen zur Erzielung einer gleichmäßigeren Feldverteilung und schließlich ein Kapazitäts- bzw. Potentialausgleich zwischen den einzelnen Isolationsschichten durch Zusatzkapazitäten. Letztere werden aus Sonderkabeln hoher Kapazität gebildet, die parallel geschaltet, jedoch nicht an der Stromführung beteiligt sind.

Um bei Höhenunterschieden der Kabeltrasse das Abwandern der Tränkmasse zu vermeiden, werden sogenannte Sperrmuffen eingebaut, die mit Hilfe von „Styrol", einer polymeren Kohlenwasserstoffverbindung leicht hergestellt werden können. Styrol kann in flüssiger Form verarbeitet und mit der Tränkmasse vermischt werden und polymerisiert unter der Einwirkung von Wärme zu einer festen, in Öl nicht löslichen Masse. Bei der üblichen Muffenbauart verwendet man mit Styrol getränkte Wickelpapiere und füllt dann die ganze Muffe mit Styrol aus. Es lassen sich jedoch auch an beliebigen Stellen des Kabels ohne Entfernung des Bleimantels Styrolpfropfen herstellen, indem man Tränkmasse absaugt und durch Styrol ersetzt. Abschließend wird ein Endverschluß dargestellt, der in seinem Aufbau im wesentlichen den bekannten Kondensatordurchführungen entspricht. *ne.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.39 : 539.382.2.082.7

Vorrichtung zur elektrischen Messung mechanischer Dehnungen. [Nach M. A. Rusher u. A. V. Mershon, Electr. Engng. 57 (1938) Trans. Sect. S. 645; 4 S., 7 Abb.]

Für die Bestimmung der Dehnungen und der hieraus zu berechnenden mechanischen Spannungen in Bau- und Maschinenteilen bei ruhender oder wechselnder Belastung gibt es bereits eine ganze Reihe vorwiegend mechanisch-optischer Vorrichtungen und auch elektrische Dehnungsmesser[1]). Neuerdings ist hierzu die nachstehend beschriebene, elektrische Meßvorrichtung entwickelt worden. An das zu untersuchende Maschinenteil werden gemäß Abb. 2 die in einem bestimmten Meßabstand gegeneinander ausgerichteten, polschuhartigen Teile einer als Dehnungsmeßkopf bezeichneten Einrichtung befestigt, die einen Spulenmagneten trägt. Der magnetische Kreis dieses Meßkopfes ist durch einen Luftspalt unterbrochen, dessen Breite sich mit der Dehnung der Meßstrecke verändert. Zur Meßvorrichtung gehört ein ebenfalls mit einem Spulenmagneten ausgerüsteter Vergleichsmeßkörper, dessen magnetischer Kreis jedoch einen Luftspalt unveränderlicher Breite aufweist. Die Spulen des Meßkopfes und des Vergleichsmeßkörpers sind in Reihe geschaltet und mit ihren freien Enden mit den gegeneinander geschalteten Wicklungen eines Differential-Transformators verbunden, so daß eine Brückenanordnung entsteht, der über einen in das Meßgerät eingebauten Stufentransformator Wechselspannung von 2000 Hz zugeleitet wird. Der

Abb. 2. Schematische Darstellung der Vorrichtung zur elektrischen Messung mechanischer Dehnungen.

Hochfrequenzerzeuger kann, wenn ein Kraftanschluß nicht zur Verfügung steht, von einem batteriegespeisten Motor angetrieben werden. Die bei den Dehnungen der Meßstrecke auftretenden Änderungen der Spaltbreite des magnetischen Kreises im Meßkopf haben eine Störung des Brückengleichgewichtes zur Folge, so daß an den Enden des Differential-Transformators eine Wechselspannung auftritt, die durch vier Kupferoxydgleichrichter in Vollwegschaltung gleichgerichtet wird und sodann über zwei Filter für 2000 und 4000 Hz in einen mit dem Meßgerät verbundenen Oszillographen-Galvanometerkreis gelangt. Der Scheinwiderstand dieses Galvanometerkreises muß im Bereich, in dem sich die mechanischen Schwingungen der zu untersuchenden Maschinenteile vollziehen, z. B. zwischen 1 und 1000 Hz niedrig und annähernd unveränderlich sein, um in diesem Schwingungsbereich miteinander vergleichbare Galvanometerausschläge zu erhalten. Beim Vorhandensein mechanischer Spannungen im Prüfling ändert sich die Schwingungsweite des von den Gleichrichtern aufgenommenen Hochfrequenzstromes in aufeinanderfolgenden Halbwellen im Verhältnis zu den auftretenden Gleichgewichtsstörungen der Brücke, d. h. die Hochfrequenz-Trägerwelle wird durch den mechanischen Vorgang im Prüfling moduliert. Die Filter verschlucken die von den Gleichrichtern ausgehenden, gleichgerichteten hochfrequenten Schwingungen, so daß in das sehr empfindliche Galvanometer nur ein von hochfrequentem Strom nahezu freier Gleichstrom gelangt. Die Lichtspur des Galvanometerausschlages kann auf einem umlaufenden Film aufgenommen werden. Mit dem Gerät sind äußerst geringe Dehnungen der Meßstrecke — herab bis auf 0,000254 mm — bei ruhender Beanspruchung oder bei Belastungswechseln bis zu mindestens 500 je s meßbar. Bei sich nur langsam vollziehenden Dehnungen kann ohne Beeinträchtigung der Meßgenauigkeit auch eine niedrigere Trägerfrequenz benutzt werden. Infolge der verhältnismäßig niedrigen Frequenz der modulierten

[1]) Vgl. z. B. S. Berg, Z. VDI 81 (1937) S. 295.

Welle machen sich durch die Änderung der Galvanometerdämpfung mit der Temperatur verursachte Meßfehler kaum bemerkbar. An Stelle des Meßkopfes und Vergleichsmeßkörpers lassen sich in das Gerät auch in entsprechender Weise ausgeführte Vorrichtungen einfügen, mit deren Hilfe mehr oder weniger rasche Lageänderungen gegeneinander bewegter Maschinen- und Bauteile beobachtet werden können. *O. N.*

DK 621.317.755.077.64

Zur Erzeugung hochfrequenter Kippschwingungen mit Gasentladungsröhren. [Nach H. Pieplow, Elektr. Nachr. Techn. 15 (1938) S. 271; 6 S., 12 Abb.]

Die sägezahnförmige Kippspannung, die man zur zeitlichen Auflösung periodischer Vorgänge beim Elektronenstrahloszillographen benötigt, wird im allgemeinen durch abwechselndes Aufladen und Entladen eines Kondensators erzeugt. Um Hin- und Rücklauf des Elektronenstrahls deutlich auseinander zu halten und vor allem um die Helligkeit des nutzbaren Bildes groß zu machen, wird dabei verlangt, daß die Entladung möglichst schnell gegenüber der Aufladung erfolgt (oder umgekehrt). Aus dieser Bedingung ergibt sich eine ganz bestimmte, durch die endliche Entionisierungszeit vorgegebene Frequenzgrenze beim Entladen des Kondensators über Gasentladungsröhren, so daß zur Erzielung hochfrequenter Kippspannungen Hochvakuumröhren[1]) angewendet werden müssen. Da diese aber einen erheblichen schaltungstechnischen und apparativen Aufwand bedingen, wird versucht, die Frequenzgrenzen bei Gasentladungsröhren zu erweitern.

C Kippkondensator *L* Ladepenthode *Th* Kippschwingröhre

Abb. 3. Gesteuerter Kippgenerator.

Abb. 4. Oszillogramme des Gitterstromes bei einer Kippfrequenz von:
a 50 Hz
b 300 kHz
c 1000 kHz.

Bei der üblichen Schaltung eines Kippschwinggenerators[2]) liegt die Gasentladungsröhre parallel zum Kippkondensator und hat eine konstante negative Gittervorspannung, der sich gegebenenfalls nur die Synchronisierspannung überlagert. Stabile Kippschwingungen treten auf, wenn jedesmal zu Beginn der Kondensatorentladung ein so großer Ionenüberschuß in der Röhre entsteht, daß die Anodenspannung unter die statische Brennspannung sinkt, und wenn am Ende der Entladung die Ionen so schnell abgeführt werden, daß der Bogen trotz wiederansteigender Anodenspannung erlischt. Mit handelsüblichen Kippschwingröhren lassen sich auf diese Art Kippfrequenzen bis zu 70 kHz bei einer Aufladegeschwindigkeit des Kondensators von rd. 20 V/μs erzielen.

Diese Ergebnisse können ganz wesentlich verbessert werden, wenn man die Gitterspannung der Gasentladungsröhre nicht konstant läßt, sondern so steuert, daß sie am Ende der Kondensatorentladung sehr plötzlich auf hohe negative Werte springt. Dies geschieht in einer Anordnung nach Abb. 3: hier steigt die negative Gitterspannung der Entladeröhre *Th* mit der Entladegeschwindigkeit des Kippkondensators *C* bis fast auf den vollen Wert der treibenden Spannung *U* an. Da diese Gitterspannungsänderung also außerordentlich schnell vor sich geht, sinkt die ungerichtete Ionenstromstärke in der Ebene des Gitterloches auf Null, dafür vergrößern sich die Raumladungsschichten, die das Gitter einhüllen, fließen im Gitterloch zusammen und zerlegen in diesem Augenblick die Röhre in zwei elektrisch isolierte Teile[1]), so daß der Entladestrom i_e auf Null springt. Der Kondensator *C* kann nun wieder aufgeladen werden, und zwar ganz unabhängig davon, wie viel Restionen noch im Entladerohr vorhanden sind und wie schnell sie abfließen; denn der Ionenstrom i_g im Gitter bewirkt nach der elektrischen Trennung des Gitter-Anoden- und des Gitter-Kathodenraumes nur einen zusätzlichen Anodenstrom i_{ga} und einen zusätzlichen Kathodenstrom i_{gk}, die aber entsprechend den in Abb. 3 eingezeichneten Pfeilrichtungen den Kondensator nicht entladen. Das Oszillogramm des Gitterstromes i_g in Abb. 4 zeigt diese Verhältnisse: bei hohen Kippfrequenzen (Kurve *b* und *c*; alle drei Kurven werden entgegen dem Uhrzeigersinn durchlaufen) ist zu Beginn der Kondensatoraufladung ein sehr erheblicher Gitterstrom vorhanden, der unter Umständen am Ende der Kondensatoraufladung noch nicht erloschen ist.

Abb. 5. Oszillogramm einer 2 MHz-Schwingung.

Da bei diesem „gesteuerten" Kippschwingbetrieb die oben erwähnten Bedingungen hinsichtlich des Ionenhaushaltes bei konstanter Gitterspannung fallen gelassen werden können, lassen sich wesentlich bessere Ergebnisse erzielen. Dem Oszillogramm Abb. 5[2]) entnimmt man beispielsweise eine maximale Kippfrequenz von 1 MHz, einen Rücklauf von nur etwa 20% und eine Aufladegeschwindigkeit des Kippkondensators von rd. 400 V/μs. *eb.*

[1]) M. v. Ardenne, ETZ 56 (1935) S. 1295.
[2]) P. Drewell, Z. techn. Phys. 17 (1936) S. 249.

[1]) Vgl. a. W. Koch, Jahrb. Forsch.-Inst. AEG 5, S. 149; Berlin: J. Springer 1938.
[2]) Verwendet wurde eine handelsübliche Gasentladungsröhre S 0,7/0,2 mit Heliumfüllung bei einem Druck von etwa 0,6 Torr.

Elektrowärme.

DK 621.365.45 : 614.6

Elektrisch geheizte Einäscherungsöfen. [Nach J. Kappes, Elektrowärme 8 (1938) S. 257; 3 S., 7 Abb.]

Von den 177 in Großdeutschland gelegenen Einäscherungsöfen sind z. Zt. 103 mit Koks, 63 mit Gas, 9 kombiniert Gas und Koks und nur 2 elektrisch geheizt. Es wird über die guten Erfahrungen mit einem elektrischen Einäscherungsofen in Essen berichtet, der bei 57 kW Anschlußwert eine Einäscherung in 80 min bei einem Durchschnittsverbrauch von 102 kWh je Einäscherung ermöglicht. In dem Boden und den Seiten des Muffelofens sind Thermoelemente eingebaut, die nach Erreichen der Entzündungstemperatur von 500° die Abschaltung einer Heizwendelgruppe bewirken. Um eine rauchfreie Verbrennung sicherzustellen, wird durch einen Lüfter Frischluft in die Muffel eingeblasen. Eine sogenannte Nachverbrennung ist nicht nötig. Der Betrieb weist bei einem Strompreis von 0,05 RM/kWh viele Vorzüge bezüglich Sauberkeit, Einfachheit der Bedienung und Sicherheit auf. *Mö.*

Verkehrstechnik.

DK 621.3 : 725.95

Die elektrischen Einrichtungen der Rügendammbrücken. [Nach F. Jungblut u. K. Nettelbeck, BBC-Nachr. 25 (1938) S. 83; 14 S., 17 Abb.]

Die elektrischen Einrichtungen der im Zuge des Rügendammes im Dammabschnitt „Stralsund—Insel Dänholm" eingefügten einflügeligen, mit festen Drehachsen ausgeführten Waagebalkenbrücken für den Straßen- und Eisenbahnverkehr verdienen wegen der vielseitigen Kraftreserven und ihren neuartigen elektrischen Steuer- und Überwachungseinrichtungen besondere Beachtung.

Die Brücken bilden den einzigen Durchlaß für die Schiffahrt, wenn man von dem weiten Weg um die Insel Rügen absieht. Die ständige Betriebsbereitschaft wurde durch eine eigene dieselelektrische Kraftquelle mit einer Spitzenleistung von 230 kVA sichergestellt, die den Notbetrieb übernimmt,

wenn der Anschluß aus dem 5000 V-Überlandnetz aus irgendwelchen Gründen ausfällt. Die dieselelektrische Gruppe mit selbsttätig wirkender elektrisch verriegelter Anlaßvorrichtung kann in kürzester Frist ohne besondere Vorbereitung vom Brückenwärter in Betrieb genommen werden. Eine vom Netz und der dieselelektrischen Gruppe unabhängige Kraftquelle in Form eines Stromsammlers sorgt dafür, daß für das Überwachen, Verriegeln der Steuerung usw. ständig ein Strom zur Verfügung steht (Abb. 6). Der aus 120 Zellen bestehende Sammler hat eine Kapazität von 155 Ah, so daß bei Ausfall des Überlandnetzes und der Dieselgruppe außer den betriebsmäßig vorgeschriebenen Aufgaben auch noch ein besonderer Gleichstromantrieb gespeist werden kann, der in 16 min jede Klappe allein, also beide hinter einander in 32 min öffnet und schließt. Das Aufladen des Stromsammlers besorgt ein selbsttätig gesteuerter Gleichrichter, oder bei Ausfall des Netzes eine Lademaschine, bestehend aus einem Schlütermotor und einer Gleichstromdynamo von 8 kW-Leistung. Um für den Betrieb der Signale ständig eine Gleichspannung zur Verfügung zu haben, wurde außer dem Stromsammler für 220 V noch ein kleiner Stromsammler (60 V) aufgestellt, die durch einen Gleichrichter dauernd auf der erforderlichen Spannung gehalten werden. Durch die vorsorgliche Bereitstellung dieser verschiedenen Kraftquellen können die Brücken auch bei außergewöhnlichen Störungen bewegt und vor allen Dingen aus jeder Stellung eingefahren werden, so daß der Verkehr über den Rügendamm nicht so leicht lahmgelegt wird.

Die Durchführung eines Arbeitsspieles erfordert neben dem Klappenantrieb noch eine Anzahl von Einzelantrieben für die Riegel- und Schienenauszüge, die Schrauben, die Kupplungseinrichtung und den Notbetrieb. Die Kupplungseinrichtung ist erforderlich, um die für die Klappenbewegung vorgeschriebenen drei Betriebsfälle durchführen zu können, nämlich

den Regelbetrieb, bei dem beide Klappen im Schnell- oder Langsamgang, jede für sich motorisch angetrieben, zu gleicher Zeit und durch einen Befehl geöffnet und geschlossen werden,

den Einzelbetrieb, wenn eine der beiden Brücken bei Instandsetzungen oder beim Prüfen einzelner Teile oder bei völligem Ausfall der anderen Brücke allein betätigt werden muß,

den einseitigen Betrieb, wenn bei Teilstörungen der elektrischen Anlage oder völligem Ausfall einer der beiden elektrischen Antriebe von dem noch betriebsbereiten Antrieb beide Brücken im Langsamgang geöffnet und geschlossen werden müssen.

Die Hauptwindwerke für die Klappenbewegung sind als Kurbelradantrieb ausgebildet, so daß die Klappengeschwindigkeit bei konstanter Motordrehzahl vom kleinsten bis zum höchsten Wert allmählich ansteigt und umgekehrt. Es war also möglich, für den Antrieb einfache Kurzschlußläufermotoren zu wählen. Jedes Haupttriebwerk wird von zwei Kurzschlußläufermotoren mit verschiedenen Drehzahlen angetrieben. Der schnell laufende Motor mit einer Leistung von 50 kW bei $n = 970$ öffnet oder schließt die zugehörige Klappe in 110 bis 120 s. Der langsam laufende Motor mit einer Leistung von 32 kW bei $n = 485$ kann die beiden zusammengekuppelten Brücken in etwa 240 bis 280 s öffnen und schließen. Um einen möglichst weichen stoßfreien Anlauf zu erreichen, wurde zwischen die Antriebsmotoren und das Windwerk ein elastisches Zwischenglied, bestehend aus einer Voith-Sinclair-Flüssigkeitskupplung, eingebaut. Der praktische Betrieb hat gezeigt, daß die Verbindung mit einer Flüssigkeitskupplung beim Antrieb der Klappen mit Kurzschlußläufermotoren die Geschwindigkeiten trotz der stark schwankenden Lastmomente vollkommen beherrscht und das Anlaufen und Einfahren in den Endstellungen sanft und stoßfrei erfolgt.

Die Triebwerke für Ein- und Ausfahren der Riegel zum Festlegen der Klappe in der Verkehrslage befinden sich in dem festen Überbau unmittelbar gegenüber den Klappenspitzen. Der Antrieb erfolgt durch Kurzschlußläufermotoren mit einer Leistung von 0,75 kW bei $n = 950$ U/min. Die Bewegungen des Riegels werden durch einen Endschalter begrenzt. Bei der Eisenbahnbrücke ist außerdem noch eine Schienenauszugsvorrichtung angeordnet, die die Schienen der Brücke und des festen Überbaues so innig miteinander verbindet, daß ein stoßfreies Befahren der Übergangsstelle gewährleistet wird. Vor dem Aufklappen der Brücke werden durch sinnreiche Vorrichtungen die Zungenschienen von den Mutterschienen gelöst und nach dem Schließen wieder lückenlos angepreßt. Der Schienenauszug ist mit den Eisenbahnsignalen elektrisch und mechanisch verriegelt.

Der Kupplungsantrieb, der bei Teilstörungen oder Ausfall eines elektrischen Antriebes die für den Notbetrieb erforderlichen Umschaltungen im Triebwerk vornimmt, wird durch einen Gleichstromnebenschlußmotor für eine Leistung von 1,5 kW bei $n = 1000$ U/min angetrieben. Die Betätigung des in der Klappenwurzel angeordneten Antriebes erfolgt ebenfalls vom Brückenwärterhaus aus. Ein Notantrieb ist vorhanden für den Fall, daß beide Drehstrom-Antriebe der Klappen ausfallen.

Neben der Bedienungsschalttafel im Brückenwärterraum und der Niederspannungsschalttafel für die dieselelektrische Eigenzentrale verdienen besondere Beachtung die beiden Steuerpulte, von denen eines im Brückenwärterraum des Maschinen-

Abb. 6. Schaltbild der elektrischen Einrichtungen der Rügendammbrücken.

hauses und eines im Straßenwärterhäuschen aufgestellt ist. Die vielseitigen Aufgaben, die dem Brückenwärter obliegen, erforderten eine sorgfältige und einwandfreie schalttechnische Lösung der Steuerung, ferner eine eindeutige Rückmeldung der Bewegungen und der gegebenen und empfangenen Befehle. Um dem Brückenwärter seine verantwortliche Tätigkeit zu erleichtern, wurden Steuerschalter und Überwachungsinstrumente übersichtlich angeordnet und die Steuerung so durchgeführt, daß bei den drei Betriebsfällen: Regelbetrieb, Einzelbetrieb und einseitiger Betrieb immer die gleichen Befehlsschalter bedient werden. Außerdem kann er an einem erstmalig für Brückenantriebe eingeführten Dreifarbenleuchtbild den jeweiligen Betriebszustand der Brücke und den Verlauf der Bewegungen verfolgen.

Das Leuchtbild, bestehend aus einer doppelseitig geätzten Glasplatte, setzt sich aus einzelnen Bildzeichen für die Antriebe zu einem schematischen Grundriß der Brücke zusammen. Der jeweilige Betriebszustand wird durch Farben angezeigt, und zwar bedeuten: „grün" Verkehrszustand, „gelb" Betrieb und „rot" Verkehr gesperrt. Die Brückenpfeiler und Klappen sind aufgemalt, während die Straßen-, Eisenbahn- und Schiffahrtssignale ebenfalls als Leuchtzeichen in den Grundriß eingefügt sind. Werden die Klappen bewegt, so wechseln die Leuchtzeichen ihre Farbe, sobald die Bewegung eingetreten ist, von „grün" oder „rot" in „gelb" und wenn die Bewegung vollendet ist, wieder in „grün" oder „rot".

Die elektrischen Einrichtungen sind untereinander derart verriegelt, daß die folgende Bewegung erst eingeleitet werden kann, wenn die vorhergehende abgeschlossen ist. Außerdem besteht noch eine Verriegelung zwischen den Eisenbahn-, Straßen- und Schiffahrtssignalen derart, daß die elektrische Energie für das Bewegen der Brücke erst dann zur Verfügung steht, wenn durch die Signale der Eisenbahn- und Straßenverkehr gesperrt worden ist. Zwischen den Eisenbahnsignalen und der elektrischen Steuerung besteht außerdem noch eine Schlüsselabhängigkeit. *Jgt.*

DK 621.32–23 : 625.23

Neue Antriebe für Zugbeleuchtungsgeneratoren.

Die elektrische Beleuchtung der Eisenbahn-Personenwagen ist heute zur Selbstverständlichkeit geworden. Neue Wagen werden durchweg damit versehen und die meisten großen Bahn-Gesellschaften der ganzen Welt haben auch schon den größten Teil der älteren Fahrzeuge auf elektrische Beleuchtung umgebaut. Den zahlreichen verschiedenen Systemen ist mit wenigen Ausnahmen gemeinsam, daß als Stromquelle während der Fahrt ein Gleichstrom-Generator verwendet wird, der von einer Wagenachse aus angetrieben wird. Bis vor einigen Jahren wurde als Antrieb fast ausschließlich der Flachriemen[1]) benutzt, der in der Anschaffung billig ist und dessen Unterhalt keine besonderen Kenntnisse verlangt. Immerhin haben seine Nachteile, insbesondere die Notwendigkeit einer Überwachung im Betrieb und die mangelnde Zuverlässigkeit bei ungünstigen Witterungsverhältnissen schon seit längerer Zeit das Bedürfnis nach einer anderen Antriebsart fühlbar werden lassen.

In den V. S. Amerika wird der Keilriemenantrieb heute sehr häufig verwendet. Er scheint sich zu bewähren, nachdem die anfänglichen Schwierigkeiten mit den Riemen-Schlössern und durch die Einwirkung von Schnee, Eisbildung und Sand mittels geeigneter Maßnahmen behoben oder wenigstens stark gemildert worden sind. Häufig wird er in Verbindung mit Gelenkwellen gebraucht, wodurch sich eine freiere Anordnung des Generators am Drehgestell oder am Wagenkasten erzielen läßt. In Europa hat der Keilriemenantrieb aber bis heute nur vereinzelt Eingang gefunden. Dasselbe gilt von Kettenantrieben, die von verschiedenen Herstellerfirmen und Bahnen mit mehr oder weniger Erfolg ausprobiert wurden. Auch Generatoren in Tatzenlager-Bauart sind bereits gebaut worden. Sie werden aber wegen der großen Achslager und der Notwendigkeit äußerst kräftiger Bauart verhältnismäßig schwer und teuer.

In einigen nordischen Ländern, wo der Flachriemenantrieb wegen der klimatischen Verhältnisse nicht befriedigen kann, werden schon seit mehreren Jahren mit gutem Erfolg Zahnradgetriebe verwendet, die das Drehmoment von einer Radachse abnehmen und durch eine Gelenkwelle an die unter dem Wagenkasten aufgehängte Lichtmaschine übertragen.

Da die Anordnung eines Getriebes zwischen den Rädern eine besonders bearbeitete Achse notwendig macht und überdies zwangsläufig zu ziemlich großen Abmessungen und Gewichten führt, haben einzelne Firmen versucht, die Getriebe an der Achskiste anzubauen. Unter andern hat im Jahre 1932 eine Schweizer Firma einen Versuchsantrieb gebaut, der durch eine Kegelrad- und eine Schraubenradübersetzung auf einer Achskiste und die Aufhängung des Generators längsseits am Drehgestell gekennzeichnet war. Etwas später kam ein weiterer Versuchsantrieb zur Ausführung, bei welchem der Generator am Kopfträger des Drehgestells quer zur Geleiseachse aufgehängt ist. Der Antrieb erfolgt durch ein einfaches Kegelradgetriebe an der Achsbüchse und ein solches am Generatorlagerflansch. Diese beiden Antriebe stehen seit Jahren ohne jede Störung im Betrieb. Die guten damit erzielten Ergebnisse haben dazu geführt, daß verschiedene große Bahnen in steigendem Maße solche Zahnradgetriebe für die Zugbeleuchtungsmaschinen verwenden. Beispielsweise rüsten die Schweizer Bundesbahnen in letzter Zeit sämtliche neuen Personen- und Gepäckwagen damit aus. Für Achslager mit Rollenlagern und solche mit Gleitlagern sind zwei verschiedene Bauarten im Gebrauch.

Abb. 7. Gelenkwellenantrieb der Lichtmaschine an einem Wagen für den internationalen Verkehr der Schweiz. Bundesbahnen.

Die Ausführung für Rollenlager findet sich auf über 40 Leichtstahlwagen, die für den stark beschleunigten schweizerischen Inlanddienst bestimmt sind und von denen acht Stück im letzten Betriebsjahr allein je über 200 000 km zurückgelegt haben. An der mit einem einzigen Pendelrollenlager versehenen Achskiste ist das Leichtmetallgehäuse mit einem Kegelräderpaar anstelle des üblichen Deckels angebaut. Um trotz der Bewegungen zwischen Achsschenkel und Achskiste dauernd einwandfreien Zahneingriff zu erzielen, wird das Drehmoment in der Mittelebene des Achslagers in der Bohrung der Hohlachse durch das als Klauenkupplung ausgebildete Ende der Zahnradwelle abgenommen. Die Übersetzung ist 1:3,125. Die Übertragung der Leistung auf die 1440 W-Dynamo erfolgt durch eine Gelenkwelle mit Auszugsstück. Irgendwelche elastischen Kupplungsglieder haben sich bei den kleinen in Frage kommenden Schwungmomenten als unnötig erwiesen, sodaß die ganze Anlage äußerst einfach und gut zugänglich ist.

Bei den schweren Wagen für den internationalen Verkehr, von denen etwa 60 schon mit Gelenkwellenantrieb der 4,2 kW-Dynamo versehen sind, oder in Ablieferung stehen, ist das Getriebe auf eine Achskiste mit Friedmann-Gleitlager aufgebaut (Abb. 7). Die für diese Bauart kennzeichnende umlaufende Schmierscheibe sitzt auf der Zahnradwelle des Antriebes. Da auf die Abnützung der Achslagerschale sowie auf das Springen der Achskiste Rücksicht genommen werden muß, ist zwischen Zahnradwelle und Achsschenkel eine Kreuzscheibenkupplung angebracht.

Gelenkwellenantriebe ähnlicher Bauart sind auch bei den Norwegischen Staatsbahnen seit mehreren Jahren im Betrieb

[1]) In ETZ 59 (1938) H. 36, S. 972 wurde über diesen Aufsatz von P. Flügel in den Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 29 (1938) S. 89 berichtet. Der vorliegende Beitrag ist eine Ergänzung hierzu, da er den neuesten Stand berücksichtigt.

und neuerdings werden neben Fahrzeugen anderer Bahnen auch 7 Wagen der Deutschen Reichsbahn damit ausgerüstet. Die Hauptvorteile solcher von der Achskiste aus erfolgender Antriebe der Zugbeleuchtungsgeneratoren gegenüber anderen Bauarten sind die vollständige Zuverlässigkeit im Betrieb, der Wegfall jeglicher Wartung zwischen den in der Werkstätte erfolgenden Wagenuntersuchungen, geringe Unterhaltskosten, die leichte Anbaumöglichkeit und Zugänglichkeit aller Teile, wozu noch der unerläßliche geräuschlose Lauf kommt.

H. Margot, Baden (Schweiz).

DK 621.337.522 : 621.316.264.062.9

Nutzbremsung bei Gleichrichterspeisung. [Nach Electrician 121 (1938) S. 409; 2 S., 5 Abb. — Engineering 144 (1938) S. 428; 1 S., 2 Abb. — Electr. Tms. 94 (1938) S. 460; 1½ S., 4 Abb.]

Bei Speisung durch Gleichrichter macht die Anwendung der Nutzbremsung Schwierigkeiten, wenn bei kleinem Verkehr keine Fahrzeuge zur Aufnahme der frei werdenden Energie auf der Strecke sind. Umrichter mit Gittersteuerung erlauben zwar die Rücklieferung von Gleichstromenergie ins Drehstromnetz, sind aber zu teuer, da für jeden Satz zwei Umrichter und die Gittersteuerungseinrichtung erforderlich sind. Man verwendet daher im Unterwerk Belastungswiderstände zur Vernichtung der Energie. Bei

A ··· B Spannungsteiler; *R* Trockengleichrichter; *T* Thyratron (Stromtor); I_g Ignitron (Stromrichter mit Hilfszündung); L_1, L_2 Belastungswiderstände; *D* vormagnetisierte Drosselspule; C_1, C_2, C_3, D_1, D_2 Schütze

Abb. 8. Schaltbild der trägheitslosen Einschaltung eines Belastungswiderstandes.

Anstieg der Fahrdrahtspannung schaltet ein Spannungsrelais über Schütze den Widerstand zwischen die Sammelschienen des Unterwerks. Hierbei können jedoch Schaltzeiten bis zu $^1/_2$ s auftreten, während der die Motorspannung schon erhebliche Werte angenommen hat, so daß Überschläge oder das Durchbrennen an der Fahrdrahtspannung liegender Lampen zu befürchten ist. Erfolgt dann bei der hohen Spannung das Einschalten des Belastungswiderstandes, so können starkes Feuern der Kommutatoren und unangenehme Bremsstöße am Fahrzeug auftreten. Eine neue Röhrenschaltung vermeidet diese Schwierigkeiten, da sie trägheitslos arbeitet und den Belastungswiderstand in einigen tausendstel Sekunden einschaltet (Abb. 8). Die Röhre *T* ist eine kleine Quecksilberdampfröhre mit Steuergitter. Die Gitterspannung setzt sich aus einem konstanten negativen Teil geliefert vom Trockengleichrichter *R* und einem veränderlichen positiven Teil am Spannungsteiler *A—B* zwischen den Sammelschienen zusammen. Bei normaler Gleichstrom-Netzspannung hat das Thyratron *T* negative Gitterspannung und zündet nicht. Bei Spannungsanstieg um 30 oder 40 V erhält das Thyratron genügend hohe positive Gitterspannung, sie zündet und es fließt ein Strom über den Belastungswiderstand L_1, das Thyratron und die Zündeinrichtung des Ignitrons I_g. Sofort zündet das Ignitron und der Rückstrom kann über L_1 und I_g zwischen den Sammelschienen fließen. Nun erhält die Spule des Schützes C_1 genügend Spannung, und durch C_1 wird das Ignitron überbrückt, so daß der Lichtbogen abreißt. Über den Hilfskontakt *a* des Schützes C_1 wird Schütz C_2 eingeschaltet und der Leerlauf-Belastungswiderstand L_2 an das Netz gelegt. Dieser sorgt auch bei Leerlauf für genügende Belastung der Hauptgleichrichter, um das Verlöschen des Kathodenflecks zu vermeiden. Solange ein Rückstrom fließt, hält das polarisierte Relais *D* das Hilfsschütz D_1 geschlossen, der Hilfskontakt *a* des Hauptschützes C_1 ist dadurch überbrückt. Wird der Rückstrom zu klein, so öffnet D_1, dadurch ist die Erregung von C_3 unterbrochen und dieses öffnet den Erregerkreis von C_1. Weil D_2 und damit C_2 eingeschaltet bleiben, fließt ein Leerlaufstrom von etwa 20 A über L_2. Sobald ein Vorwärtsstrom von mehr als 25 A fließt, öffnet auch das Hilfsschütz D_2, der Widerstand L_2 wird dann vom Netz getrennt. Versuche in einem Unterwerk für Oberleitungsomnibusse ergaben eine Schaltzeit von nur 0,004 s bis zur Zündung des Ignitrons, wobei die Motorspannung an dem Fahrzeug nur 50 V über den Normalwert anstieg. Bei Oberleitungsomnibussen wird der Belastungswiderstand L_1 für 200 bis 300 A berechnet. Die verwendete Ignitron-Röhre ist bis 2500 A bei Spannungen bis 3000 V belastbar, kann also für alle Arten von Gleichstrombahnen verwendet werden. *Dtt.*

DK 621.327.44.032.193 : 625.7/.8

Natriumlicht an Kreuzungen vermindert die Unfälle um 27%. [Nach Electr. Wld., N. Y. 110 (1938) S. 578; 2½ S., 7 Abb.]

Ein Untersuchungsausschuß der Stromversorgungsbetriebe von Chicago untersuchte den Einfluß der Beleuchtung auf die Zahl der Verkehrsunfälle. Eingehende Untersuchungen an 14 Kreuzungen ergaben, daß an 4 Kreuzungen die Zahl der nächtlichen Unfälle im 1. Halbjahr 1937 gleich oder größer war als die der Gesamtunfälle (bei Tag und Nacht) im Jahre 1936. An 3 Kreuzungen, an denen sich besonders zahlreiche Nachtunfälle ereignet hatten, wurde die Beleuchtung durch Natriumdampflampen vorgenommen und die Beleuchtungsstärke von etwa 3 Lux auf 15 bis 20 Lux verbessert. In den hierauf folgenden 4 Monaten konnte eine Abnahme der Unfälle um 27% gegenüber der entsprechenden Zeit des Vorjahres festgestellt werden. Die Untersuchung wird noch weiter fortgesetzt. *Lgf.*

Elektrische Antriebe.

DK 621.34.062 : 621.876

Einheitliche Schaltung für Aufzugsteuerungen. [Nach K. Pieck, Fördertechn. 31 (1938) S. 333; 3½ S., 3 Abb.]

Zu gefahrloser Benutzung von Aufzügen werden die Schachttüren mit Kontakten versehen, damit der Aufzug nicht bei offener Tür in Bewegung gesetzt werden kann. Mit Rücksicht auf größte Sicherheit ist es nicht gleichgültig,

1 Sicherung in Phase 1; *2* Sicherung in Phase 2 oder Null; *KT 1* Türkontakt in Leitung 1; *KS 2* Schloßfallenkontakt in Leitung 2; *Li* Lichtrelais; *Z* Zeitrelais; *KR* Riegelkontrollkontakte; *Kf* Fangkontakt; *Kh* Haltekontakt; *S* bewegliche Schwelle; *KSw* Schwellenkontakt; *Da* Außen-Druckknopfsteuerung; *Di* Innensteuerung; *KM* Maschinenkontakt; *W* Wender

Abb. 9. Einheitliche Schaltung der Türkontakte.

an welcher Stelle im Steuerstromkreis sich diese Schachttürkontakte befinden. Die hierfür entwickelten Schaltungen machen begreiflicherweise einen Unterschied zwischen geerdeten und ungeerdeten Netzen, was aber oft zu Irrtümern führte.

Die heute üblichen Aufzüge unterscheiden sich ferner dadurch, daß die Verriegelung einer Schachttür vor Beginn der Fahrt oder kurz nach der Abfahrt erfolgt. Wegen der bedeutend einfacheren Anordnung und Schaltung einer Verriegelung nach der Abfahrt gilt die einheitliche Schaltung in

Abb. 9, soweit es die Verriegelung betrifft, für Aufzüge mit Nachverriegelung. Die elektrische Überwachung der Riegel geschieht durch Tastkurven mit Kontakten (*KR*) vom Fahrkorb aus.

In Abb. 9 werden zum Anschluß der Steuerleitung grundsätzlich zwei Sicherungen verwandt, auch in Netzen mit Nullleiter. Sie werden zweckmäßig gekennzeichnet, z. B. schwarz die Sicherung, die immer im Außenleiter liegt und rot die andere Sicherung, die bisweilen am zweiten Außenleiter oder an Null liegt. Eine zweite Sicherung im Nulleiter ist ein beachtenswerter Vorteil bei Nachprüfungen der Isolation. Die von den Steuersicherungen kommenden Leitungen 1 und 2 werden nun als schwarze und rote Leitung gemeinsam in einem Rohr oder als Kabel verlegt und führen gemeinsam zu den Schachttürkontakten. Diese Kontakte besitzen zwei Klemmen *a* und *b* für den Anschluß der Kontaktpole und zwei Klemmen *c* und *d* für die isolierte Durchführung der anderen Leitung (vgl. Abb. 10).

1, 2 die gemeinsam in einem Rohr oder als Kabel verlegten Leitungen 1 und 2
KT 1 Türkontakt in Leitung
KS 2 Schloßfallenkontakt in Leitung 2
a, b Klemmen für die Kontaktpole
c, d Klemmen für die isolierte Durchführung der anderen Leitung

Abb. 10. Einheitliche Installation der Türkontakte.

Jede Schachttür hat zwei Türkontakte. Beim ersten Kontakt führt die schwarze Leitung, beim zweiten Türkontakt die rote Leitung zu den Klemmen *a* und *b*, so daß die beiden Kontakte einer Tür in verschiedenen Phasen liegen. Der erste Kontakt *KT 1* ist stets als sogenannter Zwangkontakt ausgebildet; der zweite Kontakt könnte auch ein nicht zwangläufiger, mit Federkraft wirkender Schloßfallenkontakt *KS 2* sein. Dies hätte den Vorteil, daß der Aufzug niemals bei angelehnter Tür, sondern erst bei völlig geschlossener und eingeschnappter Tür abfahren kann, was ganz wesentlich zu einem geordneten und zuverlässigen Betriebe beitragen würde.

Bedenken gegen den mit Federkraft arbeitenden Schloßfallenkontakt braucht man nicht zu haben, da die Feder heute nicht mehr als unsicherer Bauteil anzusehen ist. Ferner übernimmt die Lichtspule *Li* eine dauernde Überwachung des Schloßfallenkontaktes durch das Licht *L* im Fahrkorb. Bei Versagen eines Schloßfallenkontaktes leuchten das Licht *L* im Fahrkorb und das Besetztlicht beim Öffnen einer Schachttür nicht mehr auf.

Wie aus der Fahrkorbskizze in Abb. 9 ersichtlich, ist die Zugangseite des Fahrkorbes mit Schutzleisten versehen, zwischen denen eine bewegliche Schwelle *S* mit Kontakt *KSw* angebracht ist. Die Schutzleisten veranlassen den Fahrgast, weiter in das Innere des Fahrkorbes einzutreten und machen dadurch das Anbringen von Fahrkorbtüren überflüssig. Wer sich trotz der Schutzleisten während der Fahrt zu sehr der Schachtwand nähert, bewirkt durch die Belastung der beweglichen Schwelle *S* ein sofortiges Anhalten des Aufzuges durch Unterbrechung des Schwellenkontaktes *KSw*.

Etwaige Bedenken, daß bei dieser Schaltung Sicherheitkontakte, wie Halteknopf, Fangkontakt und Riegelkontrollkontakte in Netzen mit Nulleiter an Null liegen, werden dadurch hinfällig, daß jeder Erdschluß in diesen Leitungen mit Hilfe der Lichtspule *Li* sofort an dem Versagen des Lichtes *L* beim Öffnen der Schachttür erkannt wird.

Ein Fußbodenkontakt zur Abschaltung der Außensteuerung ist nicht vorhanden. Nach Beendigung jeder Fahrt, nach Schließen einer Tür oder nach Entlasten der Schwelle *S* springt das Zeitrelais *Z* an und unterbricht für rd. 5 bis 10 s die Außensteuerung *Da*. In dieser Zeit dürfte der Fahrgast sein Ziel auf dem Druckknopfkasten *Di* im Fahrkorb bestimmt haben, zumal das Licht *L* während der Sperrzeit der Außensteuerung weiterbrennt. Sollte der Fahrgast jedoch diese Zeit verpaßt haben, dann erlischt das Licht und der Aufzug könnte außengesteuert anfahren. Das ist aber ungefährlich; denn mit dem Anfahren des Aufzuges flammt gleichzeitig das Licht im Fahrkorb auf infolge des Maschinenkontaktes *KM*. Der Fahrgast kann dann ohne weiteres durch Drücken des Halteknopfes *Kh* oder durch Betreten der Schwelle *S* den Aufzug wieder zum Stillstand bringen. Sollte der Fahrgast sich in der Dunkelheit bis zum Fahrschacht vorgetastet haben, so ist dies auch ungefährlich, da im Augenblick des Belastens der Schwelle *S* das Licht im Fahrkorb aufleuchtet und die Steuerung gänzlich abgeschaltet wird.

Die hier beschriebene neue Schaltung bringt neben der Vereinheitlichung des Schaltbildes und der Installation gewisse Ersparnisse durch den Fortfall des beweglichen Fußbodens und der Fahrkorbtüren. Ein besonderer Vorteil liegt in der zweipoligen Ausführung der Türkontakte, die erstmalig eine VDE-mäßige Installation der Türkontaktleitung in normalem zweiadrigem Kabel gestattet. *eb.*

Fernmeldetechnik.

DK 537.228.1 : 621.396.61.072.6

Die Frequenz kristallgesteuerter Sender. [Nach J. E. Anderson, Electronics, N. Y. 18 (1938) S. 22; 3 S., 6 Abb.]

Die beiden für die Praxis als grundlegend zu wertenden Anordnungen eines schwingenden Kristalls mit einer Dreipolröhre zu einem frequenzstabilen Sender sind in Abb. 11a und b dargestellt. An Hand der in Abb. 11c und d gezeigten

a Huth-Kühn-Schaltung
b Schaltung nach Miller
c Ersatzschaltbild zu *a*
d Ersatzschaltbild zu *b*

Abb. 11. Kristallgesteuerte Sender.

Ersatzschaltbilder dieser Grundschaltungen stellt J. E. Anderson den Zusammenhang zwischen der Frequenz der erzeugten Schwingung und der Eigenfrequenz des Kristalls sowie der Abstimmung des Anodenkreises dar. In dem die Huth-Kühn-Schaltung ersetzenden Kettenleiter treten zwei Querglieder auf. Das erste, den Kristall enthaltende Glied, setzt sich seinerseits wieder aus der Gitter-Kathoden-Kapazität C_g und dem Kristall zusammen. Damit dieses Kristallquerglied des Kettenleiters schwingungsfähig ist, muß neben der Kapazität C_g im Kristall die Induktivität gegeben sein; der Kristall wirkt induktiv, wenn er mit einer Frequenz schwingt, die etwas höher liegt als seine Eigenfrequenz. Das zweite Querglied des Kettenleiters wird vom Anodenschwingkreis gebildet. Zur Erfüllung der Rückkopplungsbedingung muß dieses Glied kapazitiv wirken; das ist dann der Fall, wenn die Eigenfrequenz des Anodenkreises etwas kleiner ist als die vom Kristall gesteuerte eigentliche Senderfrequenz. Das Längsglied des Kettenleiters bildet die Gitter-Anoden-Kapazität C_a, über welche die Rückkopplung zustande kommt. Im kristallgesteuerten Sender in der Huth-Kühn-Schaltung schwingt somit der Kristall mit einer Frequenz, die etwas höher als seine Eigenfrequenz liegt, während der Anodenschwingkreis auf eine etwas tiefere Frequenz als die der erzeugten Schwingung abgestimmt ist. In dem der zweiten Schaltung gleichwertigen Kettenleiter bildet der Quarz mit der zu ihm parallelliegenden Gitter-Anoden-Kapazität C_a das Längsglied; damit dieses Glied schwingungsfähig ist, muß auch hier der Kristall als Induktivität wirken, also mit einer Frequenz schwingen, die etwas höher liegt als seine Eigenfrequenz. Die Rückkopplungsbedingung aber ist dann erfüllt, wenn das im Anodenschwingkreis vorgegebene Querglied induktiv wirkt, sein Blindwiderstand also positiv ist. Das trifft dann zu, wenn die Eigenfrequenz dieses Kreises etwas über der Frequenz der erzeugten Schwingung liegt.

Für die Abweichung $\Delta \nu$ der Frequenz kristallgesteuerter Sender von der Eigenfrequenz ν_0 des schwingenden Kristalls ergibt die Rechnung bei Annahme einer Kapazität C_p parallel

zum Kristall (in den Schaltungen durch C_g bzw. C_a gegeben) die Grenzwertgleichung

$$\frac{C\nu_0}{2(K+C_0)} < \Delta\nu < \frac{C\nu_0}{2(K+C')}, \quad \text{wo } C' = \frac{C_0 C_p}{C_0 + C_p}$$

ist und die einzelnen Größen, die aus dem Kristallersatzbild (Abb. 12) ersichtliche Bedeutung haben; für den Fall, daß die Elektroden auf dem Kristall fest aufliegen, gilt wegen $C_0 = \infty$ die einfache Formel

$$0 < \Delta\nu < \frac{C\nu_0}{2(K+C_p)}.$$

Zahlenmäßig liegen hiernach z. B. bei einem Kristall mit einer Eigenfrequenz von 59 521 Hz bei einem L-Wert von 162,5 H, einem C-Wert von 0,044 pF, einem R-Wert von 6,5 Ω, einem K-Wert von 8 pF und einem C_0-Wert von 278,5 pF die Grenzwerte der möglichen Frequenzabweichung $\Delta\nu$ zu 4,6 und 74,2 Hz fest, wenn die Parallelkapazität C_p mit 10 pF in Rechnung gesetzt wird. Kann man mit $C_p = \infty$ rechnen, so erhält man für den Blindwiderstand des Kristallgliedes beider Kettenleiter den Ausdruck

$$R_j = \frac{2\Delta\nu}{2\pi\nu_0(C\nu_0 - 2\Delta\nu(K+C_p))}.$$

In Abb. 13 ist R_j in Abhängigkeit von $\Delta\nu$ für vier verschiedene C_p-Werte aufgetragen.

Abb. 12. Quarzersatzbild.

Abb. 13. Blindwiderstand R_j des Quarzgliedes in den Ersatzvierpolen in Abhängigkeit von der Quarzverstimmung.

Aus der Größe der Schaltelemente, welche die Kettenleiter aufbauen, läßt sich die Frequenz, mit welcher der kristallgesteuerte Sender schwingt, berechnen. Setzt man im Fall der Huth-Kühn-Schaltung den kapazitiven Blindwiderstand des Anodenkreises als Kapazität C_a und den induktiven Blindwiderstand des Quarzes als Induktivität L_Q in Rechnung, so läßt sich die Frequenz der erzeugten Schwingung in der Form

$$\nu = \left\{\frac{1}{4\pi^2 L_Q}\left[\frac{1}{C_a}\left(1+\frac{W}{w_a}\right) + \frac{1}{C_g}\left(1+\frac{W}{w_g}\right)\right] + \frac{1}{C_a C_g w_a w_g}\right\}^{1/2}$$

darstellen, wo w_a, w_g und W die aus den Abbildungen ersichtliche Bedeutung haben. Im Fall der zweiten Schaltung kann man den Blindwiderstand des Anodenkreises durch eine Induktivität L_a ersetzen und erhält für die Frequenz die Formel

$$\nu = \left\{\frac{C_a}{4\pi^2}\left[\left(1+\frac{W}{w_a}\right)L_a + L_Q\left(1+\frac{W}{w_g}\right)\right] + \frac{L_a L_Q}{w_a w_g}\right\}^{1/2}.$$

Wie die Gleichungen zeigen, wird im einen Fall die Senderfrequenz mit zunehmender kapazitiver Verstimmung des Anodenkreises kleiner, im anderen Fall mit zunehmender induktiver Verstimmung des Anodenkreises größer. Die Gleichungen lassen ferner erkennen, daß die Frequenzstabilität bei beiden Schaltungen um so größer ist, je größer der Gitterwiderstand w_g und je kleiner die Belastung des Senders, das heißt je größer w_a ist. Während w_a praktisch nicht sehr groß sein kann, läßt sich wohl immer ein genügend hoher Gitterwiderstand w_g in die Schaltung einführen. *E. C. M.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 621.319.35.027.7 : 621.317.2

Elektrostatischer Bandgenerator für 4 Mill Volt. [Nach A. K. Valther, K. D. Sinelnikov und A. J. Taranov, Bull. Acad. Sci. URSS. Sér. Physique 23 (1938) S. 11; 13 S.]

Im Ukrainischen technisch-physikalischen Institut ist ein Bandgenerator nach der van de Graaff'schen Bauart[1]) aufgestellt worden. Seine Hochspannungselektrode hat Pilzform und ist in ihrem oberen Teil halbkugelförmig. Diese Halbkugel bildet mit dem Dach des Versuchsraumes einen Kondensator. Der Radius der Halbkugel beträgt 5,1 m. Das Dach des Versuchsraumes ist ein liegender Halbzylinder mit 12,5 m Radius. Der Versuchsraum selbst hat eine Grundfläche von 25 × 35 m² bei 25 m Höhe. Die geringste Feldstärke an der Oberfläche der Halbkugel würde rechnungsmäßig für 6,25 m Radius erreicht werden, versuchsmäßig hat sich der Wert 5,1 m als der richtige herausgestellt. Auf der Unterseite der Pilz-Elektrode, in die die sie tragenden drei Hartpapiersäulen von 2 m Durchmesser und 10 m Höhe bei 18 mm Wandstärke hineinragen, herrscht eine nur etwa 10% höhere Feldstärke als am kugelförmigen Teil.

Die Hartpapiersäulen sind unter Vermeidung jedes Metallteils aufgebaut. In ihrem Innern laufen die etwa 1 m breiten Bänder aus gummierter Seide mit einer Geschwindigkeit von 39 m/s in einer durch eine besondere Klimaanlage sehr trocken gehaltenen und dauernd mit erheblicher Geschwindigkeit (bis zu 9 m/s) in geschlossenem Kreis bewegten Umluft. Die Luftfeuchtigkeit beträgt nur 40% gegenüber 90 bis 95% außerhalb der Säulen. Den Bändern wird Gleichspannung von einem 25 kV-Satz aus Spitzenanordnungen aufgesprüht. Zusätzlich erfolgt in der Hochspannungselektrode eine Umladung des Bandes.

Die bisher gebauten Bandgeneratoren erreichen nur 50 bis 60% der theoretischen Höchststromstärke. Die Verfasser haben den Grund untersucht und finden, daß das Nichterreichen der Höchststromstärke in der Größe des Durchmessers der Walzen begründet liegt, über die die Bänder laufen. Es wurde festgestellt, daß bei Walzen von 200 mm Durchmesser die praktische Höchststromstärke etwa 60%, bei Walzen von 100 mm Durchmesser 96% des theoretischen Höchstwertes beträgt. Die Verfasser führen dies darauf zurück, daß die Entladungen zwischen ablaufendem Band und Walze bei Walzen größeren Durchmessers stärker als bei solchen kleineren Durchmessers sind. Der Verwendung kleiner Durchmesser steht aber der Umstand entgegen, daß bei nicht genügend straffgespannten Bändern die auf- und ablaufenden Bandseiten sich wegen der entgegengesetzten Ladungen anziehen und dadurch vorzeitiger Ladungsausgleich eintritt. (Anm. des Berichters: Bei dem Generator von Kossel, s. Neubert, Z. Phys. 110 (1938) S. 334; ETZ dieses Heft S. 175, wird von der Anziehung bewußt Gebrauch gemacht. Der Generator arbeitet nach einem andern Gesichtspunkt).

Die Verfasser verwenden eine Reihe von Bändern, deren Walzenachsen parallel liegen und von denen die äußeren Bänder über Walzen größeren Durchmessers, die inneren über solche kleineren Durchmessers laufen. Hier ziehen sich nicht nur die auf- und ablaufenden Teile jedes einzelnen Bandes an, sondern auch die ablaufende Seite des einen Bandes und auflaufende Seite des nächsten Bandes, so daß nur die außen liegenden Bänder, die auf großen Walzen laufen, mechanischen Kräften der Ladung unterliegen, während im Innern des Bandsatzes diese Kräfte ausgeglichen sind, man also mit den Durchmessern der Walzen heruntergehen kann, ohne ein Aneinanderkleben der auf und ab laufenden Teile befürchten zu müssen.

Die Walzen laufen in Kugellagern und sind dynamisch ausgewuchtet. Durch Gummi-Schwingungsdämpfer wird ruhiger Lauf gewährleistet. Der Antrieb der Bänder erfolgt durch zwölf 10 kW-Gleichstrommotoren, die über einen Ward-Leonard-Satz von 120 kW gespeist werden. Damit ist vollkommen gleichmäßige Regelung und leichteste Anlaufmöglichkeit gewährleistet. Zur Drehzahlregelung besitzt jeder Motor außerdem Anlaßwiderstände und Feldregelung.

Bei positiver Aufladung der Hochspannungselektrode werden Funken von 7 bis 10 m Länge erzielt. Die erreichbare Spannung liegt über 4000 kV. Bei negativer Aufladung der Hochspannungselektrode treten starke Entladungen auf, jedoch ist es nicht zu Überschlägen gekommen. Die Zahl der Bänder kann noch erhöht werden. Sie soll verdoppelt werden. Die Säulen gestatten eine Versechsfachung der Zahl der bisher laufenden Bänder.

Der Bandgenerator dient zur Speisung eines Entladungsrohrs, das mitten zwischen den Säulen steht. Das Rohr ist 12 m lang und aus 18, innen glatten, außen gerippten Porzellanrohren von 250 mm Innendurchmesser zusammengebaut. Die metallischen Armaturen zwischen den einzelnen Porzellanteilen dienen zur Steuerung der Spannungsverteilung längs des Rohres. Als Elektronenquelle dient eine Glühkathode im Innern der Hochspannungselektrode. Der Elektronenstrom wird durch elektrische Linsen zusammengefaßt, für die die Spannungserzeugung ebenfalls in der Hochspannungselektrode untergebracht ist. Bei 2500 kV und einem Elektronenstrom von

[1]) H. Heyne, ETZ 55 (1934) S. 901. — E. U. Condon, ETZ 59 (1938) S. 1039; 54 (1933) S. 1146; 55 1934) S. 911; 57 (1936) S. 926; 58 (1937) S. 665; 59 (1938) S. 903.

50 bis 60 µA kommt man zu einem Brennfleck von 19 cm² Oberfläche.

Bei der Länge der Rohre zeigt sich bereits ein Einfluß des magnetischen Erdfeldes. Die dadurch auftretende Krümmung des Elektronenweges kann aber am Fuße des Rohres kompensiert werden. Weitere Schwierigkeiten bereitet die auftretende Erwärmung durch das Beschießen mit Elektronen und durch das Auftreten starker Röntgenstrahlen. Im Rohre wird mit einem Vakuum von 4 Mikro-Torr gearbeitet. *Th. S — HM.*

DK 621.319.35 : 621.317.2

Selbsterregender elektrostatischer Bandgenerator mit in Preßgas laufenden Ladungsbändern. [Nach U. Neubert, Z. Phys. 110 (1938) S. 334; 18 S., 18 Abb.]

Zunächst wurde an einer offenen Maschine, die sich von den bisher bekannten Bauarten[1]) dadurch unterschied, daß sie bewußt mit steuerbarer Selbsterregung arbeitet, das Verhalten untersucht. Die Selbsterregung wird in einfacher Weise dadurch erzielt, daß man als obere Rolle nicht eine aus Metall, sondern eine solche aus Dielektrikum verwendet. Die Betriebskurven des Generators zeigen ein proportionales Ansteigen des Stromes mit der Bandgeschwindigkeit, außerdem die Unabhängigkeit der Stromstärke von dem Werkstoff der Erregerrolle. Erregerrollen aus Werkstoffen mit größerer Dielektrizitätskonstante als die des Bandwerkstoffes (Gummi) ergeben positive, umgekehrt die mit kleinerer negative Aufladung. Die Schnelligkeit, mit der sich die Maschine erregt, hängt von der Oberflächenbeschaffenheit der Erregerrolle ab; ist diese poliert, dann geht die Erregung rasch vor sich. Hat sich die Maschine einmal erregt, dann leistet diese Reibungselektrizität keinen Beitrag mehr zur Stromstärke. Sie dient nur zur Erhaltung der Polarität und schützt die Maschine vor Umpolen bei neuem Anlauf. Die Stromlieferung geschieht dann dadurch, daß die sich berührenden auf- und ablaufenden Seiten des Bandes sich influenzieren und die unerwünschten Ladungen entgegengesetzten Vorzeichens abfließen. Die Ladungsdichte σ auf dem Band ist begrenzt durch die Durchbruchfeldstärke $\mathfrak{E}$ in Luft ($\mathfrak{E} = 4\pi\sigma$; alle Größen in elektrostatischen Einheiten gemessen).

E Hochspannungselektrode P Pertinaxträgersäule
W Hochohmwiderstand S Stahlflanschen

Abb. 14. Elektrostatischer Generator im Schnitt.

Der Verfasser baut deshalb einen Generator, bei welchem die Ladungstransportbänder in einem abgeschlossenen, druckdichten Raum laufen[1]) (Abb. 14), in welchen Preßgas eingelassen werden kann. Darin steigt nach dem Paschenschen Gesetz die Durchbruchfeldstärke und somit auch die Ladungsdichte auf dem Transportband. Der Strom konnte bei den vorliegenden Bedingungen auf das 3,5fache des Normalwertes gesteigert werden. Größter Wert mußte bei der Konstruktion auf die stromabnehmenden Teile gelegt werden, da diese in dem Maße wie die Durchbruchfeldstärke steigt, auch entsprechend schlechter arbeiten. Auch hierbei kann die Selbsterregung angewandt werden.

Zur Spannungsbegrenzung dient ein geerdeter, der Hochspannungselektrode gegenüberstehender Sprühkamm, dessen Abstand von der Hochspannungselektrode regelbar ist.

An diesem Gerät sind genaue Spannungsmessungen ausgeführt worden. Sie zeigen, daß man sowohl mit einem statischen Rotationsvoltmeter[2]) als auch mit einem besonders entworfenen Hochohmwiderstand bei vorsichtigem Gebrauch derselben eine Genauigkeit der Hochspannungsmessung von 2 bis 3% erreichen kann. Die höchste erreichte Spannung beträgt in dem zur Verfügung stehenden Laboratoriumsraum in Luft 750 kV, bei Anwesenheit von CCl_4 950 kV. *vb.*

Physik.

DK 538.54 : 621.3.017.22/.31

Einführung in die Physik der Wirbelströme. [Nach E. Hameister, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. 27 (1938) S. 343; 3½ S., 2 Abb., 1 Tafel.]

Die physikalischen Vorgänge bei der Wirbelströmung spielen in allen elektrotechnischen Problemen, besonders in der Hochfrequenztechnik eine wichtige Rolle. Je nach ihrer Entstehungsursache lassen sie sich gliedern in solche, die durch Fremdinduktion und in solche, die durch Selbstinduktion entstehen. Durch die Wirbelströme werden in Leitern Feld- und Stromverdrängungen erzeugt, deren Beachtung, wie betont, bei hohen Frequenzen besonders wichtig ist. Um den Zustand in einem Wirbelstromfeld zu untersuchen, geht man von den Maxwellschen Gleichungen aus. Die Stromverteilung läßt sich hiermit in einem geraden zylindrischen Draht am einfachsten schildern, wofür die Lösung der Gleichungen durch elementare Zylinderfunktionen, nämlich Besselfunktionen nullter Ordnung, ausgedrückt werden kann. Die technischen Anwendungen, bei denen Wirbelströme beachtet werden müssen, sind vor allen Dingen in der Übertragertechnik (Transformator) zu finden. Die Frequenzverhältnisse und der Einfluß der Wirbelströme lassen sich einfach mit der von Wolmann eingeführten effektiven Permeabilität schildern. Daraus können dann die Werte für Grenzfrequenz und Phase gefolgert werden. Auch der Verlustwiderstand eines wechselstromdurchflossenen Leiters ist von Wirbelströmen beeinflußt. Zur Untersuchung dieser Frage benutzt man zweckmäßig die äquivalente Leitschichtdicke, welche durch die Stärke einer unendlich breiten Platte definiert ist, die einem durchfließenden Gleichstrom denselben ohmschen Widerstand entgegensetzt wie dieselbe Platte bei unendlicher Dicke einem Wechselstrom. Von hier aus wird man auf die Probleme der Abschirmung gegen Fremdfelder geführt. *Sb.*

Werkstatt und Baustoffe.

DK 621.34 : 621.731.422

Elektro-Stauchmaschine. [Nach A. Sonderegger, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 19 (1938) S. 592; 3 S., 6 Abb.]

Beim Schmieden von Köpfen an Stangen und Rohren größerer Längen bilden sich leicht Falten, und Fasern werden oft geknickt. Die beschriebene Elektro-Stauchmaschine überwindet diese Schwierigkeit in zufriedenstellender Weise. Der Stab wird zwischen zwei Elektroden eingespannt, die an die Sekundärwicklung eines Stufentransformators angeschlossen sind. Ein Druckschlitten drückt das freie Ende des Stabes gegen die Amboßelektrode. Beim Einschalten des Transformators erwärmt sich das Stabende zwischen den beiden Elektroden. Bei genügender Erwärmung beginnt das Metall radial auszufließen. In diesem Zustand erfolgt der wesentliche Teil des Arbeitsvorganges; die Amboßelektrode weicht bei gleichzeitigem Nachrücken der Stange langsam zurück. Hierbei wird der Durchmesser des gestauchten Kopfes nicht wesentlich vergrößert, aber in axialer Richtung gelängt. Ist die gewünschte Stauchlänge erreicht, werden Vorschub und Heizstrom abgeschaltet. Diese Arbeitsweise ermöglicht eine vollkommen zentrische Form des

[1]) ETZ 54 (1933) S. 1146; 59 (1938) S. 993.

[1]) E. U. Condon, ETZ 59 (1938) S. 1039.
[2]) ETZ 55 (1934) S. 959; ETZ 59 (1938) S. 73.

Stauchkopfes ohne Knicken oder Falten des Werkstoffs. Mit diesem Verfahren können an dünnen Stangen sehr große Köpfe angestaucht und rohrförmige Stangen können ohne Knicken oder Falten aufgestaucht werden. Bei der ausgeführten Elektro-Stauchmaschine erfolgt der Vorschub hydraulisch durch Preßöl; der im Hohlbett der Maschine eingebaute Transformator ermöglicht mit 7 bis 14 Spannungsstufen ein genaues Einhalten bestimmter Temperatur. Neben der Fertigung vieler Werkstücke eignet sich die Maschine besonders für das Anstauchen von Ventilköpfen, bei denen Zugaben für Nachbearbeitung gering gehalten werden können, da das Stauchen genau zentrisch erfolgt. Mit der Maschine kann man Stangendurchmesser zwischen 4,5 und 58 mm bearbeiten. Durch einfache Einsätze lassen sich auch Stauchungen an beliebiger Stelle des Arbeitsstückes ausführen. *v. Mb.*

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

DK 621.3 : 629.12(061.3)

39. Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft im Arbeitskreis „Schifffahrtstechnik" des NSBDT.

Die diesjährige Tagung der Gesellschaft vom 16. bis 19. 11. in der T. H. Berlin stand erstmalig im Zeichen der Gemeinsamkeit der drei für die Schifffahrtstechnik in Deutschland arbeitenden Gesellschaften. Die Schirmherrschaft über diese Arbeitsgruppe hat der Oberbefehlshaber der Kriegsmarine, General-Admiral Dr. h. c. Raeder übernommen. Demgemäß wurde auch die Reihe der Vorträge durch den Abteilungschef im Oberkommando, Ministerialdirigent Brandes, eröffnet, der über das Thema „Der schnellaufende Dieselmotor und der Hochdruckheißdampf als Antrieb von Kriegsschiffen" sprach. In der Entwicklungsarbeit des Dieselmotors lag auch die Beseitigung zunächst unerklärlicher Anrisse an Kolbenstangen und Kreuzköpfen, die sich durch erstmalig ausgeführte Messungen mit einem elektrischen dynamischen Spannungsmesser am laufenden Triebwerk als durch Biegungsschwingungen hervorgerufene Dauerbrüche feststellen ließen. Beim Bau des K.d.F.-Schiffes „Wilhelm Gustloff" ist die Elektroschweißung, soweit es heute nur möglich ist, angewendet worden. Dipl.-Ing. Claassen, Hamburg, gab hierzu einen umfangreichen Zahlennachweis zu den Ersparnissen an Baustahl und Arbeit durch den Fortfall von Nieten, Stemmarbeit, Ausschärfungen, an Rostschutzanstrich, Kran- und Transportarbeit usw. infolge der Schweißung. Angewendet wurde durchweg Stumpfschweißung mit blanken Elektroden, die es ermöglichen, daß die Schweißung auf Handelsschiffen wirtschaftlich bleibt. Die Einsparungen an Werkstoff liegen zwischen 32 und 45%. Direktor Mitzlaff, Mannheim, berichtete über: Neues vom elektrischen Schiffsantrieb: „Das Umsteuern". Das Umsteuern macht beim Propeller-Antrieb mit Gleichstrommotor keine Schwierigkeiten, da dieser in beiden Drehrichtungen ein gleiches Drehmoment abgibt. Beim Drehstrombetrieb entwickelt dagegen der Motor, der im allgemeinen durch Umkehr der Drehrichtung des Drehfeldes asynchron umgesteuert wird, nur beschränkte Drehmomente und es werden die gesamten Schlupfverluste im Läufer in Wärme umgesetzt. Die Drehmomente lassen sich durch Übererregung steigern und der starken Erwärmung läßt sich durch Vergrößerung der Wärmekapazität im Käfiganker im gewissen Maße Rechnung tragen, was aber Gewicht, Platz und Geld kostet. Bei der Hamburgischen Versuchsanstalt wurden Versuche mit einem Modell eines 7000-t-Kreuzers mit Schiffsgeschwindigkeiten bis 35 kn vorgenommen. Verschiedene Erkenntnisse wurden gewonnen, insbesondere auch die, daß beim Umsteuern die Schiffsgeschwindigkeit in möglichst kurzer Zeit möglichst stark zu vermindern ist, worauf mit dem Propeller auf Rückwärtsdrehzahl gegangen wird. Das darnach entwickelte Verfahren besteht darin, daß man den Ständer des Propellermotors auf einen entsprechend abgestimmten Widerstand schaltet und seinen Läufer erregt. Der Motor arbeitet als Generator, die vom Widerstand aufgenommene Wärme wird durch einen Lüfter abgeführt. Diese synchrone Bremsung kann aus voller Fahrgeschwindigkeit erfolgen, beliebig lange dauern, bis die Schiffsgeschwindigkeit soweit abgefallen ist, daß auf Rückwärtsdrehzahl wie bei einem normalen Vorwärtsanlauf gegangen werden kann. Der synchron gebremste Drehstrommotor ermöglicht eine schnelle und doch für Maschine und Schiff schonende Umsteuerung. Dies wurde auch in der Aussprache anerkannt, aber betont, daß Erfahrungen aus der Praxis abzuwarten sind. Die Versuche sind an einem leichten und sehr schnellen Schiff gemacht worden. Die Ergebnisse dürften sich nicht verallgemeinern lassen. Schiffsform, Geschwindigkeit und Betriebsart beeinflussen die Wahl der Umsteuer-Einrichtung, die sich auch als asynchrone brauchbar ausführen läßt. *Pge.*

AUS LETZTER ZEIT.

DK 621.831

Das 2000ste Groß-Zahnradgetriebe der Fried. Krupp AG. ging nach Polen.

Der Getriebebau der Friedrich Krupp AG. hat kürzlich ein Walzwerkgetriebe für die Friedenshütte in Stacja Rozwadow bei Krakau (Polen) fertiggestellt, das nicht nur als Jubiläumsgetriebe mit der Baunummer 2000, sondern auch wegen seiner nicht alltäglichen Größenabmessungen (Abb. 15) bemerkenswert ist.

Abb. 15. Walzwerkgetriebe.

Das Getriebe ist zweistufig und überträgt dauernd 2500 PS, kurzzeitig 5000 PS und stoßweise bis 10000 PS auf ein oder zwei Walzgerüste; die Drehzahlen betragen 480 U/min an der Antriebswelle, 55 an der mittleren und 30 an der zweiten Abtriebswelle. Als Antrieb ist ein Elektromotor vorgesehen, der durch einen Flansch unmittelbar mit der Antriebritzelwelle in Verbindung steht; auf dieser Welle sind außen zwei Schwungräder angebracht, die einen Teil der Antriebsenergie aufspeichern und bei plötzlich auftretenden Stößen an die Walzen abgeben. Die stoßweise Überlastung des Motors wird durch diese Anordnung abgeschwächt.

Der ganze Maschinensatz hat ein Gesamtgewicht von über 140 t. Der Hauptrahmen allein wiegt als sperriges Gußstück von über 7 m Länge 32 t, das große Zahnrad von 4,1 m Dmr. und 1 m Breite dagegen erreicht zusammen mit der dazugehörigen Vorgelegewelle nicht weniger als 47,6 t Fertiggewicht. *f.*

FÜR DEN JUNGINGENIEUR.

Gehäuseformen von Wechselstrommaschinen. II.

Von K. Bätz VDE, Berlin.

DK 621.313.3-212

Übersicht. In diesem Aufsatz werden die Gehäuse besprochen, bei denen das Blechpaket aus Blechsegmenten aufgebaut ist. Dies sind in der Regel größere Maschinen. In einem vorangehenden Aufsatz*) wurden die Gehäuse behandelt, deren Blechpaket aus vollen Blechringen besteht.

Grundsätzliche Fragen über die Bauform großer Gehäuse.

Bei einem Außendurchmesser des Gehäuseblechpaketes größer als 1 m baut man im allgemeinen das Blechpaket aus überlappt geschichteten Segmenten auf. Diese Grenzziehung ist an sich willkürlich und lediglich durch den Kostenvergleich mit der Ausführung aus vollen Blechringen gegeben, da für die Tafeln mit Breiten über 1 m erhebliche Mehrpreise gegenüber dem reinen Werkstoffmehrpreis gezahlt werden müssen.

Die aus Segmenten aufgebauten Blechkörper werden im allgemeinen durch Schwalbenschwanzleisten, die in Nuten am äußeren Blechumfang greifen, mit dem Gehäuse verbunden und mittels kräftiger Preßplatten zusammengepreßt. Bei kleineren Maschinen werden diese Preßplatten durch Spannstifte, bei größeren durch am äußeren Umfang außerhalb des Paketes liegende Preßbolzen gehalten. In einem bestimmten Bereich kann man die Aufgaben von Preßbolzen und Schwalbenschwanzleisten vereinen. Man führt die Preßbolzen in nach außen offene Löcher, die am äußeren Umfang des Blechpaketes liegen. Das Blechpaket wird so mit den Bolzen am Gehäuse aufgehängt. Den Druck, mit dem man die Gehäusebleche zusammenpreßt, setzt man im allgemeinen mit 8 kg/cm² Blechfläche ein und bemißt danach die Preßbolzen, Druckfinger und Preßplatten.

Während man bei den Maschinen mit Blechkörpern aus vollen Ringen, d. h. bis etwa 1 m Blechaußendurchmesser, Gußeisen, Walzstahl und Leichtmetall als Werkstoffe verwendet, werden die größeren und großen Gehäuse heute fast ausschließlich aus Walzstahl durch Schweißung hergestellt. Schweißkonstruktionen lassen sich schneller herstellen, sie sind leichter und auch billiger als Gehäuse aus Gußeisen und können bestimmten Aufgaben besser angepaßt werden. Es besteht die Möglichkeit, noch während der Fabrikation Änderungen vorzunehmen, ohne daß so hohe Unkosten wie beim Gußgehäuse entstehen.

Befestigung der Blechpakete im Gehäuse.

Welche Vereinfachung die Schweißung ermöglicht, sei an dem Beispiel der Verkettung des Blechpaketes mit dem Gehäuse kurz gezeigt. Die zum Aufbau und Halten des aus Segmenten zusammengesetzten Blechpaketes notwendigen schwalbenschwanzförmigen Leisten müssen beim Gehäuse aus Gußeisen an kräftige Rippen geschraubt werden. Bei den ersten geschweißten Gehäusen schraubte man die Leisten ebenfalls an kräftige eingeschweißte Stege. Bei den großen neuzeitlichen Gehäusen bildet man die Schwalbenschwanzleisten kräftiger aus und verschweißt sie unmittelbar mit dem Gehäusekörper (Abb. 1). Die genaue Lage der Schwalbenschwanzleisten erhält man, indem man aus Gehäuseblechen provisorisch einige geschlossene Ringe mit größeren Abständen voneinander in das Gehäuse schichtet, die Leisten danach ausrichtet und dann mit dem Gehäuse verschweißt. Zur Erleichterung des Einrichtens werden lediglich die Gehäusewangen innen auf Maß ausgedreht. Es fällt weg: das Ausdrehen des Gehäuses auf die ganze Länge des Blechpaketes und die mit dem Verschrauben der Leisten verbundenen Arbeiten wie Anreißen und Bohren der Löcher für die Befestigungsschrauben.

Die Preßplatten werden bei den kleineren Gehäusen als volle Ringe, bei den größeren Gehäusen als Segmente ausgebildet. Die Grenze ist hier auch wieder durch die Wirtschaftlichkeit gegeben.

Abb. 1. Gehäuse mit eingeschweißten Schwalbenschwanzleisten.

Die in einem früheren Aufsatz[1]) angegebenen Aufgaben des Gehäuses: Träger des Blechpaketes, Befestigungsmittel auf dem Fundament, Luftführungskörper und, in diesem Größenbereich nur bei Spezialmaschinen, Träger der Lagerschilde zu sein, müssen nun besonders beim Entwurf der großen Gehäuse unter Beachtung der das Gehäuse beanspruchenden Faktoren gelöst werden. Das Gehäuse wird belastet durch 1. das Gewicht der Ständerbleche und Eigengewicht, 2. durch das Drehmoment, 3. durch einseitigen magnetischen Zug, 4. durch Kurzschlußkräfte und 5. durch Temperaturänderungen.

Über die Berechnung großer Gehäuse, die durch die unter 1 bis 4 angeführten Größen belastet sind, liegen eine Reihe von Untersuchungen vor, auf die im einzelnen hier nicht eingegangen werden kann. Erwähnt sei hier nur das spannungsoptische Verfahren, mit dem R. Poole (V. S. Amerika) an einem kleinen Zellhornmuster, das den wirklichen Verhältnissen entsprechend verspannt wurde, den Rechnungsgang für Gehäuse prüfte.

Praktisch verfährt man heute so, daß man Gehäuse beim Neuentwurf nicht von Grund auf durchrechnet, sondern sie in Anlehnung an vorhandene Ausführungen entwirft und den entworfenen kleinsten Querschnitt I_{min} mit Hilfe einer auf Erfahrung beruhenden Formel mit ausgeführten Querschnitten vergleicht. Eine solche Formel gibt Glöckner an. Sie enthält: Leistung, Luftspalt, Drehzahl, den Elastizitätsmodul E und eine empirische Konstante. Zu diesem Verfahren kam man zwangsläufig, da die verschiedenen sich zum Teil überschneidenden Belastungen und das Verhalten des Gehäuses als elastisches Gebilde zu viel Annahmen erzwingen, die eine genaue Durchrechnung hinfällig machen.

Die Formel nach Glöckner lautet:

$$I_{min} = \frac{50\,000\, N\, r_s^2}{\delta\, n\, E} \text{ in cm}^4,$$

*) K. Bätz, ETZ 60 (1939) H. 4, S. 111. In diesem Aufsatz muß auf S. 112 in Abb. 4 links anstelle von ¾ Q genau wie rechts ⅜ Q stehen.

[1]) ETZ 60 (1939) H. 4, S. 111.

wobei N Leistung der Maschine in kW,
n U/min,
δ Luftspalt in cm,
r_s Schwerpunktradius des Gehäuseprofiles in cm,
E Elastizitätsmodul in kg/cm².

Als tragender Querschnitt, den man nach einer derartigen Formel bestimmt, wird man zweckmäßig den schwächsten Querschnitt des Gehäuses einsetzen. Die Formgebung des Gehäuses ist gerade bei der Schweißkonstruktion bei den einzelnen Herstellern verschieden. So gibt es vor allem Unterschiede in der Beurteilung des Tragwertes vom Gehäusemantel. Dieses ist insofern von Bedeutung, da der am äußeren Rand der Stützwände oder Gehäusewangen liegende Mantel das Trägheitsmoment wesentlich beeinflußt. Da im Gehäusemantel Öffnungen vorzusehen sind, die bei offenen Gehäusen für den Luftaustritt, bei geschlossenen Gehäusen für Montagearbeiten bestimmt sind, können vom Mantel im allgemeinen nur die an den umlaufenden Gehäusewangen liegenden und mit diesen verschweißten Teile des Mantels beim Feststellen des Trägheitsmomentes eingesetzt werden. Die Tatsache, daß nur ein Teil des Mantels als tragend eingesetzt werden kann, führt wohl auch dazu, daß einzelne Hersteller die Tragkonstruktion der großen Gehäuse nur mit den Gehäusewangen und deren Versteifungen aufbauen und den Mantel lediglich als Verkleidung ansehen und ihn aus verhältnismäßig dünnem Blech anfertigen. Die einwandfreie Berechnung eines

r in cm
G in kg
$Mb = 0{,}09085\ r.\ G.$

$$x = 0{,}0342\ \frac{r^3\,G}{I\,E}$$

$$y = 0{,}0744\ \frac{r^3\,G}{I\,E}$$

Abb. 2. Gehäuseaufhängung an einem Punkt.

Gehäuses im Betriebszustande ist äußerst schwierig, da die Belastungsverhältnisse nicht eindeutig festliegen. Außer den Beanspruchungen im Betriebszustande werden die großen Gehäuse aber bei der Herstellung und beim Transport oft noch ungünstiger beansprucht. So können z. B. beim Aufhängen eines großen fertig geschichteten und gewickelten Gehäuses an einem bzw. zwei Punkten erhebliche Formänderungen auftreten. Diese Belastungsfälle lassen sich, da hier nur das Gewicht des vollständigen Gehäuses belastend wirkt, besser übersehen, und man hat dafür einfache Formeln entwickelt. In Abb. 2 ist die Aufhängung eines großen Gehäuses an einem Punkt dargestellt. Die Beanspruchung und Formänderung geht aus den beistehenden Gleichungen hervor.

Diese Überlegungen müssen vor allem beim Entwurf von großen senkrechten Gehäusen angestellt werden. Im Betriebszustand fällt die Belastung durch das Eigengewicht weg, und durch die Tragkreuze bzw. das Fundament wird das Gehäuse versteift, wodurch oft zu leichte Konstruktionen entstehen.

Interessant ist es, die Entwicklung im Bau großer Gehäuse einmal kurz zu verfolgen. Nach dem Durchsetzen der eingangs beschriebenen Ausführungsart für Synchronmaschinen mit stehendem Anker wuchsen die Maschinengrößen und damit die Gehäusegrößen. In Anlehnung an die jeweils kleinere ausgeführte Maschine wurde das Gehäuse zunächst gefühlsmäßig verstärkt, wobei erklärlicherweise Rückschläge nicht ausbleiben. Vorgenommene Rechnungen ergaben dann die Möglichkeit, die Dimensionierung etwas genauer vorzunehmen. Man war aber zunächst noch bemüht, die Gehäuse leicht und auch bewußt als elastische Gebilde zu bauen. Zur Aufnahme der Spannungen brachte man lieber am unteren Gehäuseteil eine Anzahl von Stützen an, bzw. man verspannte das Gehäuse mit Hilfe von am äußeren Umfang angebrachten Gelenken oder sah besondere Stützkreuze vor, die an beiden Gehäusestirnseiten angreifen, mit Füßen auf dem Fundament sitzend die Gehäuse versteifen. Um die Jahrhundertwende wurden diese Kon-

Ständer betriebsfertig — Ständer gedreht

a Gehäuse
b Läufer
c abschraubbarer Gehäusefuß
d Sohlplatte
e Befestigungsschraube
f Abdruckschraube
g Preßspanzwischenlage

Abb. 3. Gehäuse mit abschraubbaren Füßen.

struktionen allmählich verlassen, und es setzte sich die heute verwendete Bauart des steifen Gehäuses durch, d. h. man verzichtete auf alle Verspannungselemente.

Heute baut man die Gehäuse so stark, daß eine bestimmte Durchbiegung nicht überschritten wird. Lediglich die Gehäuse für ganz große langsamlaufende Maschinen werden heute noch im Fundament besonders abgestützt. Zu beachten ist beim Entwurf großer Gehäuse, für welche Maschinenart das Gehäuse bestimmt ist. So müssen im allgemeinen die Gehäuse für Asynchronmaschinen steifer ausgeführt werden als die Gehäuse für Synchronmaschinen. Dies ist mit Rücksicht auf den Luftspalt erforderlich, der bei Asynchromaschinen wesentlich kleiner

vor dem Ausdrehen — nach dem Schichten

Abb. 4. Gehäuseteilfuge.

ist als bei Synchronmaschinen, so daß eine Veränderung des Luftspaltes stärkere Belastungen durch den magnetischen Zug hervorruft als bei der Synchronmaschine.

Die in der letzten Zeit sich steigernde Verwendung von Synchronmotoren zum Antrieb von Walzenstraßen und von Kolbenkompressoren für die Kohlehydrierung stellte an den Gehäusebauer ebenfalls besondere Forderungen, da hier die besonderen Anlauf- und Lastverhältnisse beachtet werden müssen.

Für die Befestigung des Gehäuses auf dem Fundament, die Aufhängemöglichkeit für den Transport, Wick-

lungsbefestigung und für die Luftführung gilt sinngemäß das für die kleineren Maschinen Gesagte[2]). Bei der Wahl der Fußhöhen sind auch hier die genormten Fußhöhen zu beachten.

Sind bei den oben erwähnten Berechnungen die Belastungen im wesentlichen gleichbleibend, vor allem die vom Drehmoment herrührenden, so werden die letzteren beim Kurzschluß im Netz oder der Gehäusewicklung überlagert von dem sogenannten Kurzschlußmoment, das von einem plötzlich einsetzenden Höchstwert sinusförmig abklingt. Im allgemeinen reichen die gewählten Gehäusequerschnitte zur Aufnahme dieses Kurzschlußmomentes aus. Besonders beachtet muß es aber beim Entwurf der Befestigung auf dem Fundament werden. Eine allgemeine Norm läßt sich für das Einführen des Kurzschlußmomentes in die Gehäuserechnung nicht aufstellen, da die jeweilige Größe von den elektrischen Verhältnissen abhängt und bei den einzelnen Maschinen sehr verschieden ausfällt. W i n k e l s t r ä t e r beschreibt in den VDE-Fachber. 8 (1936) S. 90 ein Verfahren zur Bestimmung der Kurzschlußmomente.

a Preßringbefestigung durch Spannstifte
b Bolzenaufhängung des Blechpaketes
c Eingeschweißte Schwalbenschwanzleisten

Abb. 5. Kastengehäuse aus Walzstahl geschweißt.

Bei großen Einphasenmaschinen mit geringer Frequenz muß das unausgeglichene Normalmoment beachtet werden, dessen Impulse leicht in Resonanz mit dem Fundament liegen können. Um störende Wirkungen zu vermeiden, wird bei diesen Maschinen zwischen Gehäuse und Fundament ein abstimmbares Dämpfungsglied vorgesehen. Das ist in der Regel ein Federbalken mit verschiebbaren Auflegestellen.

Besondere Aufmerksamkeit verlangen ferner bei großen Gehäusen die durch die erhebliche Energieumsetzung hervorgerufenen Wärmespannungen. Das warm gewordene Blechpaket, das aus überlappt geschichteten Segmenten besteht und durch kräftige Preßbolzen und Platten fest mit dem Gehäuse verbunden ist, hat, da die Dehnung in axialer Richtung durch die Preßbolzen, in tangentialer Richtung durch die Reibung der überlappt liegenden Blechsegmente verhindert ist, die Neigung zu Verwerfungen und Wellungen, die leicht zu Beschädigungen der Nutenisolation oder auch zum Lockern von Druckfingern führen können. Als gutes Mittel dagegen hat sich das an sich bekannte Schichtungsverfahren erwiesen, das in dem mehrfachen Übereinanderschichten gleichliegender Segmente besteht. Der zwischen den Blechen bestehende Reibungswiderstand gegen eine tangentiale Verschiebung wird dadurch auf einen Bruchteil verringert. Die Wärmedehnungen können bei diesem Schichtverfahren sich in tangentialer Richtung auswirken, und die Gefahr des Verwerfens ist fast restlos beseitigt.

a Ständerblechpaket mit Wicklung
b Pole mit Erreger- und Dämpferwicklung
c Lagerschild mit Gleitlagern
d Lüfter zum Umwälzen der Kühlluft im geschlossenen Kreislauf Motor—Lüfter—Kühler—Motor (die Kühler sind seitlich angeordnet und im Bild nicht sichtbar)
e Antriebsmotoren der Lüfter

Abb. 6. Synchronmotor für elektrischen Schiffsantrieb.

Mehr als bei kleinen Maschinen ist bei den großen Maschinen darauf zu achten, daß die Wicklungen gut zugängig sind. Die Größe der Maschinen verbietet in den meisten Fällen ein Herausheben der ganzen Maschine aus den Lagerstellen. Man kann sich oft so helfen, daß man die Fundamentgrube breit genug macht, um auch an die unten liegenden Teile der Wicklung gut heran zu können. Wo die örtlichen Verhältnisse dies nicht erlauben, macht man die Gehäusefüße abschraubbar und dreht das Gehäuse entweder auf besondere Rollen oder mit Hilfe des Läufers herum (Abb. 3). Dieses Verfahren kann man aber im allgemeinen nur anwenden, wenn die Wicklung aus Spulen aufgebaut ist, die in axialer Richtung in die Nuten eingeführt werden, also Halbformspulen oder Handwicklung. Bei Formspulen, die radial von der Bohrung aus eingelegt werden, wird man bei Synchronmaschinen eine Anzahl Pole ausbauen und das Polrad bzw. das Gehäuse so drehen, daß die auszubauenden Spulen vor die Pollücke

[2]) Siehe Fußnote 1.

zu liegen kommen. Bei Asynchronmaschinen kann man diesen Raum für den Spulenausbau nicht schaffen. Hier wird dann das Gehäuse mit Hilfe einer einfachen Vorrichtung so weit axial verschoben[3]), bis die Spulen bequem zugängig sind. Dasselbe Verfahren ist bei Halbformspulen bzw. Handwicklung anzuwenden, wenn auf der einen Stirnseite ein Schwungrad angeordnet ist, wodurch die hier liegende Wicklung nicht zugängig ist.

Die großen Abmessungen dieser Gehäuse erzwingen mit Rücksicht auf die Transportmöglichkeit oft eine Unterteilung der Gehäuse. Der Ausbildung der Teilfugen muß besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Sie müssen einmal formänderungsfrei sein, dürfen aber auch nicht die im Gehäuserücken herumströmende Luft zu sehr drosseln. Es ist vor allem bei der Herstellung darauf zu achten, daß die Teilfugen des Blechpaketes fest aufeinandergepreßt werden. Man erreicht dies in einfacher Weise dadurch, daß man vor dem Ausdrehen des Gehäuses in die Teilfugen Distanzbleche legt, die beim Zusammenschrauben des fertig geschichteten Gehäuses nicht wieder eingelegt werden (Abb. 4). Dadurch klafft zwar die Fuge des Gehäuses etwas, aber die für den Kraftfluß notwendige innige Berührung der Teilfugen des Blechpaketes ist gewährleistet.

Abb. 7. Turbogenerator mit seitlich angebauten Luftrückkühlern.

Normalgehäuse für horizontale Maschinen.

Für die Gehäuse kleinerer Maschinen mit Lagerschilden gilt sinngemäß das bereits oben für die Gehäuse mit Vollblechen Gesagte. Die Normalform für die größeren Horizontalmaschinen ist jedoch die Ausführung mit Lagerböcken. Die Gehäuse für diese Maschinen werden heute fast durchweg als einfache Kastengehäuse ausgebildet, deren axiale Breite nicht größer ist als etwa die Eisenbreite des Blechpaketes. Die Zahl der zusätzlichen Stützwände hängt von der axialen Breite ab. Die Schutzarten usw. müssen auch hier sinngemäß beachtet werden.

Abb. 5 zeigt einige Gehäusequerschnitte, darunter in Abb. 5 b ein Gehäuse mit Bolzenaufhängung des Blechpaketes. Die eine Gehäusewange in Abb. 5 b ist gleich als Preßring ausgebildet. An der anderen Stützwand ist konzentrisch ein Ring herausgeschnitten, der nach dem Pressen wieder mit der Wand verschweißt wird. Man erreicht bei verhältnismäßig kleiner Rückenhöhe eine gute Steifigkeit des Gehäuses und erzielt noch eine erhebliche Gewichtsersparnis.

[3]) ETZ 58 (1937) S. 1319, Abb. 16.

Gehäuse für große Schiffsmaschinen.

Der elektrische Schiffsantrieb stellt besondere Aufgaben an die Gehäuse der Propellermotoren. Als Normalform hat sich die Ausführung mit Lagerschilden eingeführt. Zu dieser Bauart kam man aus folgender Überlegung: Der Schiffskörper ist bei weitem kein so stabiles Gebilde wie irgendein Fundament auf dem Lande. Bei vom Gehäuse getrennter Lagerung des Läufers ist die Gefahr vorhanden, daß sich Verwindungen des Schiffskörpers bei starkem Seegang durch Lageänderung des Läufers zum Gehäuse, d. h. also durch die Luftspaltänderung, unangenehm bemerkbar machen würden. Durch die direkt am Gehäuse angebauten Lagerstellen begegnet man dieser Gefahr und hat außerdem den Vorteil, den Motor besser ausrichten zu können. Es müssen hier daher dieselben Überlegungen beachtet werden, die oben bei den Lagerschildmaschinen mit geschweißten Gehäusen angeführt werden. Das Gehäuse wird so weit über die Wicklung herausgezogen, daß das Lagerschild, das aus Walzprofilen oder Kesselböden aufgebaut ist, gerade heruntergeführt werden kann.

Besonders zu beachten ist hier die Belüftung. Um die Wicklung vor zerstörenden Einflüssen durch die salzhaltige Luft des Maschinenraumes zu schützen, wendet man heute hier fast allgemein die Ringlaufkühlung an. Die Luft wird durch besondere Lüfter aus der Maschine gesaugt, in einem Luftrückkühler zurückgekühlt und dann wieder in die Maschine gedrückt. Die Bordverhältnisse erzwingen einen gedrängten Bau dieser Maschinen. Man ordnet daher Kühler und Lüfter unmittelbar am Gehäuse an bzw. baut sie direkt in das Gehäuse ein. Abb. 6 zeigt solch Motorengehäuse. Der Einfluß der eingebauten Kühler und Lüfter auf die Bauform ist deutlich erkennbar.

Gehäuse für Turbogeneratoren.

Auch im neuzeitlichen Turbogeneratorenbau werden bis zu den größten Leistungen die Gehäuse heute fast durchweg aus Walzstahl geschweißt. Die hohen Drehzahlen erzwingen aus Festigkeitsgründen verhältnismäßig kleine Durchmesser. Dadurch ergeben sich bei den großen Leistungen recht erhebliche axiale Längen der Blechpakete und damit der Gehäuse. Diese großen axialen Längen bereiten der guten Belüftung des Innenteiles der Maschine Schwierigkeiten. Eine interessante Lösung dieser Frage ist die Führung der Luft in axial im Gehäuserücken angeordnete Luftkanäle, durch die ein Teil der Kühlluft von den Stirnseiten aus bis zur Maschinenmitte geführt wird, um von dort zunächst radial nach innen und dann in üblicher Weise durch die Luftschlitze des Blechpaketes in den Gehäuserücken zu treten. Beim neuzeitlichen Turbogeneratorenbau hat sich die bei den Schiffsmotoren beschriebene Ringlaufkühlung eingebürgert. In der Regel ordnet man die Kühler im Fundament unterhalb der Maschine an. Ein Beispiel, wie man bei Raummangel im Fundament die Kühler in gefälliger Weise unmittelbar an den Generator bauen kann, zeigt Abb. 7. Die Gehäuse der zweipoligen Turbogeneratoren werden fast durchweg einteilig ausgeführt. Die Steifigkeit des Gehäuses wird durch geeignete Ausbildung der Gehäusewangen und ihrer Stütz-

konstruktion erzielt und der aus dünnem Stahlblech bestehende Mantel aufgeschraubt. Abb. 8 zeigt ein Gehäuse ohne Mantel. Man kann hier deutlich die axialen Luftkanäle im Gehäuserücken erkennen. Wo die Transportverhältnisse eine Beschränkung des Gehäuseaußendurchmessers erfordern, der Gehäuserücken aber als Luftführungskörper so hoch wird, daß das Grenzmaß überschritten wird, baut man die Gehäuse aus zwei konzentrisch angeordneten Teilen auf. Der einteilige innere Teil ist Träger des Blechpaketes und hält sich mit den äußeren Maßen innerhalb der vorgeschriebenen Grenzen. Der äußere Teil ist nach Bedarf unterteilt und dient lediglich als Luftführungskörper. Ein besonderes Problem sind bei den meist zweipoligen Turbogeneratoren die Preßplatten zum Zusammenhalten des Blechpaketes. Außer der hohen mechanischen Beanspruchung, die sich

Abb. 8. Gehäuse für Turbogenerator aus Walzstahl geschweißt.

durch die hier sehr hohe Blechrückenhöhe ergibt, müssen die durch die starken Flußschwankungen in massiven Teilen auftretenden Wirbelstromverluste beachtet werden.

Gehäuse für wasserstoffgekühlte Phasenschieber.

Zur Verminderung der Luftreibungsverluste und um eine bessere Ausnutzung der Maschine zu erreichen, was besonders bei großen Phasenschiebern Bedeutung hat, benutzt man bei diesen Maschinen, wenn die Leistungen etwa 15 000 kVA überschreiten, Wasserstoffgas als Kühlmittel. Die Eigenart dieses Gases, in einem weiten Mischungsbereich mit Luft explosibel zu sein, führte zu einer explosionsfesten und luftdichten Gehäusebauart. Das Gehäuse gleicht von außen gesehen einem großen geschlossenen Kessel. Im Innern sind das Blechpaket, das in bekannter Weise befestigt ist, der Läufer und die Lagerung untergebracht (Abb. 9). Das Wasserstoffgas wird in einem Ringlaufverfahren durch ebenfalls im Innern untergebrachte Luftrückkühler zurückgekühlt. Bemerkenswert ist hier noch, daß die Reinheit der Wasserstoffüllung ständig überprüft werden muß, so daß die Anschlußmöglichkeit für die Überwachungselemente am Gehäuse vorgesehen werden muß. Als besonderer Vorteil wird bei dieser Bauart angesehen, daß man die Maschinen ohne jedes Krafthaus im Freien aufstellen kann.

Gehäuse für Vertikalmaschinen.

Die Gehäuse großer Vertikalmaschinen könnten wesentlich leichter gebaut werden als die Gehäuse von gleich großen waagerechten Maschinen; denn es fällt die Belastung durch das Gewicht in radialer Richtung weg. Das Gehäuse muß aber so fest ausgebildet sein, daß es beim Transport keine wesentlichen Formänderungen erleidet. Die bei diesen Gehäusen axial nach unten wirkenden Gewichte von Blechpaket und Wicklung müssen in geeigneter Weise von den unteren Preßplatten bzw. der unteren Gehäusewange aufgenommen werden. In der

Abb. 9. Schnitt durch einen 15 000 kVA-Phasenschieber mit Wasserstoffkühlung.

Regel bildet man die untere Gehäusewange gleich als festen Preßring aus. Bei den senkrechten Gehäusen können hauptsächlich zwei Formen unterschieden werden: hohe und niedrige Gehäuse, wobei als Höhe die axiale Länge des Gehäuses zu verstehen ist. Ähnlich wie bei den Lagerschildmaschinen aus Walzstahl zieht man hier den Gehäusemantel als ringförmigen Ansatz so weit axial

Abb. 10. Formen von Gehäusen senkrechter Bauart.

über die Wicklung, bis diese vollkommen geschützt ist. Bei kleineren Gehäusen wird dieser Ansatz auf beiden Seiten des Gehäuses vorgesehen. Bei den großen Gehäusen fällt dieser Ansatz unten fort, und man setzt das Gehäuse mit der das Blechpaket tragenden Gehäusewange unmittelbar auf das Fundament (Abb. 10). Bei oben angeordnetem Traglager muß das Gehäuse auch zur Aufnahme der im Betriebszustand auftretenden meist recht erheblichen, von Gewicht und Wasserschub herrührenden axialen Belastung berechnet sein. Im allgemeinen bildet man das Gehäuse mit Mantel als tragend aus und versteift die Stellen unter den Auflagern der

oberen Tragbrücke. Es sind auch hier Konstruktionen bekannt, wo der Gehäusemantel lediglich als Verkleidung dient. Die Belastung wird dann durch kräftig ausgebildete Stützen unmittelbar auf das Fundament übertragen. Die Stützen selbst sind mit dem festen, das Blechpaket tragenden mittleren Teil des Gehäuses verbunden.

die Gewichte wurden bestimmt für niedrige Gehäuseform a, für hohe Gehäuseform b sind von den bestimmten Gewichten rd 6,5 % abzuziehen

Beispiel: Ein Gehäusemittelteil für ein Blechpaket wiegt bei 5000 Bl. Da. u. 700 E.B. rd 12,1 t (niedrige Gehäuseform), rd 11,4 t bei hoher Gehäuseform

a

Beispiel: 1 Gehäuseansatz für 1 Maschine mit 5000 Bl. Da. und 6300 V wiegt rd 3700 kg

die Gewichte wurden bestimmt für den Gehäuseansatz a über dem Blechpaket unter Beachtung eines ausreichenden Wertes für b

b

Abb. 11. Leitertafeln zur Gewichtsbestimmung senkrechter Gehäuse
a zur Bestimmung des Mittelteile b zur Bestimmung der Ansätze.

Als eine weitere Abart der senkrechten Gehäuse kann man die am besten mit Betongehäuse bezeichneten Gehäuseentwürfe für größte Maschinen ansehen. Hier baut man die Tragelemente des Blechpaketes in das Fundament ein und bildet das Fundament selbst als Gehäuse aus. Die obere Tragbrücke stützt sich dann ohne jedes Zwischenglied unmittelbar auf dem Fundament.

Die Planung der großen senkrechten Maschinen erfordert wegen der umfangreichen Fragen, die dabei auftreten, große Sorgfalt und viel Zeit. Eine der wichtigsten Fragen ist die nach dem richtigen Durchmesser der Maschine, der bestimmt ist durch die Begrenzung aus der mechanischen Festigkeit, dem verlangten GD^2 und dem Gesamtgewicht. Beim Gesamtgewicht müssen auch die nicht aktiven Gewichte bei einem Vergleich beachtet werden. Um die damit verbundenen umfangreichen Rechnungen zu ersparen, sind Leitertafeln entwickelt worden, die es gestatten, in Anlehnung an von vornherein bekannte Größen die Gehäusegewichte zu bestimmen und zu vergleichen. Abb. 11 a und b zeigen solche Leitertafeln. Die Benutzung der Leitertafel nach Abb. 11 b kann jedoch nur sinngemäß unter Beachtung der beim Entwurf festgestellten Höhe des Ansatzes „a" erfolgen. Eine Kurve, die die Abhängigkeit der Höhe von der Spannung zeigt, ermöglicht die eindeutige Festlegung bei den verschiedenen Polzahlen, wobei dann die Spannungsangaben nur als Richtpunkte zu werten sind. Ein Vergleich von nach den Leitertafeln bestimmten Gehäusegewichten mit ausgeführten Gehäusen ergab eine Durchschnittsdiffererenz von ± 3 bis 4 %.

Zusammenfassung.

Die beim Bau von Wechselstrommaschinen eingebürgerte Bauart mit stehendem Anker erfordert Stützkonstruktionen für das Ständerblechpaket, die als Gehäuse ausgebildet werden. Diese Gehäuse haben außer der Aufgabe, das Ständerblechpaket zu tragen, eine Reihe weiterer Aufgaben, die die Formgebung weitgehend beeinflussen. Spezialmaschinen erfordern Sonderformen von Gehäusen. Gehäuse großer Vertikalmaschinen müssen bei Planungen in verschiebenen Größen verglichen werden. Eine Leitertafel erleichtert diese Arbeit.

Aus dem Schrifttum.

1. O. Lasche, Der Aufbau und die planmäßige Herstellung von Drehstrom-Dynamomaschinen. Z. VDI. 45 (1901) S. 1017.
2. H. Linsemann, Die elastische Linie von Drehstrommaschinen mit großen Durchmessern. ETZ 23 (1902) S. 81.
3. E. Rosenberg, Einseitiger magnetischer Zug in elektrischen Maschinen. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 35 (1917) H. 44, S. 525.
4. K. Thien, Festigkeit und Starrheit von feststehenden und rotierenden Maschinenteilen aus Gußeisen und aus geschweißten Stahlkonstruktionen. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 48 (1930) H. 18, S. 405.
5. H. Winkelsträter, Kurzschlußkräfte und Fundamentbelastung. VDE-Fachber. 8 (1936) S. 90.
6. K. Bobek, Die Verhinderung schädlicher Verwerfungen durch Wärmeausdehnungen im Ständereisen großer Wechselstrommaschinen. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 50 (1932) H. 25, S. 353.
7. L. Schön, Die Motoren der Kruppschen Höllentalbahn-Lokomotive. Elektr. Bahnen 11 (1935) S. 61.
8. W. Putz, Betriebseigenschaften von Elektromotoren. Z. VDI 79 (1935) S. 639.
9. W. Schmitt, Geschlossene Drehstrommotoren mit Außenbelüftung. AEG-Mitt. (1933) H. 5, S. 186.
10. R. Schütte, Berechnung von Oberflächenkühlern für geschlossene, außenbelüftete Elektromotoren größerer Leistung. ETZ 58 (1937) S. 977.
11. R. Poole, J. Instn. electr. Engrs. 77 (1935) S. 176.
12. H. Göschel, Die Starkstromtechnik im Rahmen der neuen Treibstoffgewinnungs-Anlagen. ETZ 58 (1937) S. 1287 u. 1317.
13. E. Ziehl, Moderne Anschauungen über den Bau elektrischer Maschinen ETZ 53 (1932) S. 401.
14. T. Strömberg, Die Generatoren im Vargon-Kraftwerk Schweden. Asea-J. 14 (1937) S. 142.
15. Liwschitz u. Glöckner, Die elektrischen Maschinen, Bd. 2, Verlag Teubner.
16. W. Putz, Neue Entwicklungen im Bau elektrischer Maschinen Z. VDI (1938) S. 985.
17. A. Schanz, Verwendung von Magnesiumlegierungen für elektrische Maschinen. ETZ 59 (1938) S. 611.

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.

Ausschuß für Drähte und Kabel.

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hat einen Entwurf zu Umstell-Vorschriften für einadrige Leuchtröhrenleitungen für Nennspannungen bis 6 kV aufgestellt, die als § 7 B in

VDE 0250 U „Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen"

aufgenommen werden sollen und in ETZ 60 (1939) S. 166 veröffentlicht sind.

Begründete Einsprüche sind der Geschäftsstelle bis zum 1. März 1939 einzureichen.

Ausschuß für Elektrowärmegeräte.

Der Ausschuß für Elektrowärmegeräte hatte einen Entwurf zu

VDE 0725 „Vorschriften für schmiegsame Elektrowärmegeräte"

aufgestellt, der in ETZ 58 (1937) S. 756 und 59 (1938) S. 1083 veröffentlicht war.

Unter Berücksichtigung der eingegangenen Einsprüche wurden einige Änderungen vorgenommen, die in ETZ 60 (1939) S. 166 veröffentlicht sind.

Die sich hiernach ergebende endgültige Fassung der Vorschriften ist vom Vorsitzenden des VDE im Dezember 1938 genehmigt worden und tritt am 1. Oktober 1940 in Kraft.

Die §§ 31 bis 72 von VDE 0720/1934 wurden mit dem Tage des Inkrafttretens von VDE 0720/1937, also zum 1. Januar 1939, außer Kraft gesetzt. Die restlichen Paragraphen von VDE 0720/1934 sollen mit dem Tage des Inkrafttretens von VDE 0725, also zum 1. Oktober 1940, für ungültig erklärt werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer:
Blendermann.

Bezirk Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

A. o. Bezirksversammlung

am Donnerstag, dem 9. Februar 1939, 20^{00}, im Hörsaal EB 301 der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Berliner Str. 170/172.

Vortrag des Herrn Oberingenieur K. Alvensleben VDE, Berlin, über das Thema:

„Übersicht über den heutigen Stand der physiologischen und pathologischen Forschung zur Frage der Gesundheitsschädigung durch industrielle Ströme".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Installationstechnik"

Leiter: Oberingenieur W. Hoeres VDE.

Vortrag

des Herrn Oberingenieur W. Höpp VDE, Berlin, am Dienstag, dem 14. Februar 1939, 20^{00}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Werkstoffsparende Gestaltung im Schaltgerätebau".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Funktechnik und Verstärkertechnik".

Leiter: Professor Dr. phil. H. Fassbender VDE.

Vortrag

des Herrn Dr.-Ing. D. Thierbach, Berlin, am Donnerstag, dem 16. Februar 1939, 20^{00}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Ein Zwölfkanal-Trägerfrequenzsystem für unbelastete Kabelleitungen".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Elektrizitätswerke und Unterwerke".

Leiter: Dr.-Ing. E. Krohne VDE.

Vortrag

des Herrn Dipl.-Ing. G. Meiners VDE, Berlin, am Dienstag, dem 21. Februar 1939, 20^{00}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Die Warte des Kraft- und Umspannwerkes, des Netzes, der Großförderanlage und der Industriesteuerung".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Leitungstelegraphie und -telephonie".

Leiter: Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Postrat Dipl.-Ing. R. Fernau, Berlin, am Donnerstag, dem 23. Februar 1939, 20^{00}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Fernschreiben".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im VDE-Haus, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
9. 2. 1939 „Photozellen mit äußerem photoelektrischen Effekt", Vortragender Dr.-Ing. W. Kluge VDE.

Industrieanlagen. Leiter: Dr.-Ing. R. v. Meibom VDE.
10. 2. 1939 „Anwendung der Pendelmaschinen in der Industrie", Vortragender: Dr. W. Doring.

Kabel und Leitungen. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. O. Gasser VDE.
13. 2. 1939 Vortragsreihe „Untersuchungen an Baustoffen für Kabel und Leitungen: „Chemische und mechanische Eigenschaften von Metallen und deren Untersuchung", Vortragender: Dr.-Ing. C. Haase.

Elektrische Bahnen. Leiter: Reichsbahn-Bauassessor Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.
14. 2. 1939 Vortragsreihe „Entwurf von elektrischen Bahnen für die deutschen Kolonialgebiete in Afrika": a) „Wirtschaftliche und geographische Verhältnisse", Vortragender: Reg.-Baumstr. a. D. Dipl.-Ing. K. Schwarz VDE. b) „Ortsfeste Anlagen für Gleich- und Wechselstrom; Anschluß an die Landesversorgung. Vortragender: Ingenieur G. Schlachte. **Beginn: 20 Uhr.**

Stromrichter. Leiter: Dr.-Ing. E. Kübler VDE.
15. 2. 1939 „Besondere Anwendungen der Photozelle", Vortragender: Dipl.-Ing. H. Briebrecher VDE.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
16. 2. 1939 Vortragsreihe „Ausgewählte Fragen der Rundfunkempfangstechnik": „Die automatische Scharfabstimmung", Vortragender: Dipl.-Ing. Wünning.

Hochspannungstechnik. Leiter: Dr.-Ing. G. Hameister VDE.
17. 2. 1939 Vortragsreihe „Die Netze und der Bau ihrer wichtigsten Anlagenteile": „Freileitungen und Freileitungsisolation", Vortragender: Ingenieur B. Koske.

VDE Bezirk Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Bergisch Land, Wuppertal-Elberfeld, 14. 2. (Di), 20^{15}, Saal der Technik, Alexanderstr. 18: „Der elektrische Sicherheitsgrad von Hochspannungsanlagen". Dr.-Ing. Estorff VDE.

VDE Bezirk Hansa, Hamburg. 15. 2. (Mi), 20^{00}, Techn. Staatslehranstalt, Aula: „Hoch- und Höchstspannungsfernleitungen, deren Bau und Betrieb" (m. Lichtb.). Dir. Schweppenhäuser VDE u. Obering. Ludwig.

VDE Bezirk Kurmark, Senftenberg. 11. 2. (Sa), 18^{00}, Bergbauhaus: „Hartgasschalter als Leistungs- und Leitungstrennschalter". Dipl.-Ing. Schultheiß VDE.

VDE Bezirk Mittelhessen, Frankfurt a. M. 15. 2. (Mi), 20^{00}, Kunstgewerbeschule, Neue Mainzer Str. 47: 1. Geschäftliches. 2. „Anforderungen des Verbundbetriebes an die Erregung und Spannungsregelung großer Maschinen". Dr.-Ing. A. Einsele VDE.

VDE Bezirk Thüringen, Erfurt. 16. 2. (Do), 20^{15}, Münchener Bürgerbräu: „Gemeinschaftsarbeit in der Elektrowirtschaft". Obering. M. Lüder VDE.

VDE Bezirk Weser-Ems, Bremen, 14. 2. (Di), 20^{15}, Atlantissaal, Böttcherstraße: „Die Energieversorgung Deutschlands unter bes. Berücks. der nordwestdeutschen Sammelschiene". Dr.-Ing. Dettmar VDE.

VDE Bezirk Weser-Ems, Wilhelmshaven. 14. 2. (Di), 20^{00}, „Die Probleme des Elektromotors in der Geschichte der Technik, Wirtschaft und Kultur". Dipl.-Ing. Bunzl.

Fachgruppe Elektrotechnik, Gas und Wasser, Gauwaltung Wien. 16. 2. (Do), 18^{00}, Haus der Technik, Eschenbachgasse 9: „Das deutsche Rundfunkleitungsnetz" (m. Lichtb.). Postrat Dr. H. Ribbeck.

Außeninstitut der Technischen Hochschule, Berlin. 16. 2. (Do), 18^{00}, Großer Physiksaal der T. H.: „Das Atom und seine Kräfte" (Experim.-Vortr.) Prof. Dr. H. Geiger.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft E. V.

Bezirksgruppe Berlin. 14. 2. (Di), 17^{30}, T. H.: „Das Licht im Kraftverkehr". 1. „Die lichttechnischen Einrichtungen des Kraftfahrzeugs, insbes. Richtlinien für die Typenprüfung". Dr. E. Spiller. 2. „Erfahrungen aus der Fahrpraxis". Dipl.-Ing. W. Heller.

Bezirksgruppe Essen. 9. 2. (Do), 17^{00}, Haus der Technik: „Weitere Fortschritte in der Verwendung von Metalldampflampen-Beleuchtung, vornehmlich in der Industrie". Dir. Dipl.-Ing. J. Schaer.

Bezirksgruppe Frankfurt a. M. 17. 2. (Fr), 20^{00}, Kunstgewerbeschule: „Bauen und Beleuchten". Dr.-Ing. C. G. Klein.

Bezirksgruppe Niedersachsen, Hannover. 15. 2. (Mi), 20^{00}, T. H.: „Sehen und Beleuchten" (m. Lichtb. u. Vorführ.). Obering. L. Schneider.

Bezirksgruppe Karlsruhe. 14. 2. (Di), 20^{00}, T. H.: „Bauen und Beleuchten". Dr.-Ing. C. G. Klein.

Bezirksgruppe Leipzig-Nord-Westsachsen, Leipzig. 28. 2. (Di), 20^{00}, Neues Grassimuseum: „Grundlegende Beleuchtungsaufgaben, dargelegt an praktischen Beispielen aus dem Eisenbahn- und Verkehrswesen" (m. Lichtb. u. Vorführ.). Oberreichsbahnrat E. Besser.

Bezirksgruppe Magdeburg-Anhalt. 28. 2. (Di), 20^{15}, Ver. Techn. Staatslehranstalten: „Licht und Raumgestaltung". Dr.-Ing. C. G. Klein.

Bezirksgruppe München. 17. 2. (Fr), 20^{00}, T. H.: „Die Eigenschaften des Nebels und ihre Bedeutung für die Verkehrstechnik" (m. Lichtb.). Dr. M. Wolff.

Physikalische Gesellschaft Berlin und **Deutsche Gesellschaft für Technische Physik.** 15. 2. (Mi), 19^{30}, Phys. Inst. der T. H.: „Neuere Ergebnisse der Ultraschallforschung". L. Bergmann.

Reichs-Röntgenstelle beim Staatl. Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem. 13. bis 18. 2., Reichs-Röntgenstelle, Unter den Eichen 86—87: Weiterer Lehrkurs für zerstörungsfreie Prüfverfahren. (Bereits angemeldete Teilnehmer wollen bitte die Teilnahme nochmals bestätigen).

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

H. Miebach. — Im Januar des Jahres 1907 gründete Herr Hugo Miebach in Dortmund das Elektromotorenwerk „Glück-Auf". Aus kleinen Anfängen heraus, mit der Reparatur elektrischer Maschinen beginnend, wurde der Bau elektrischer Grubenbahn-Anlagen sowie von Hoch- und Niederspannungs-Anlagen aufgenommen.

H. Miebach.

Dank dem guten fachmännischen Wissen und kaufmännischem Geschick des heute 70jährigen Gründers entwickelte sich das Unternehmen sehr bald. Mit Eifer und Erfolg löste es Sonderfragen der Elektrotechnik, die der Untertagebau und Grubenbetrieb stellte. Hugo Miebach war auch einer der ersten deutschen Unternehmer, die den Bau elektrischer Schweiß- und Erwärmungsmaschinen aufnahmen; auch auf diesem Gebiet hat er sich guten Ruf erworben, und heute noch steht der Siebzigjährige seiner mehr als 600 Mann starken Gefolgschaft als treusorgender Betriebsführer vor.

Berichtigung.

DK 537·723·5·971

Berechnung der Kapazität bei der Meßanordnung von Drude-Coolidge.

In dem in ETZ 60 (1939) H. 2, S. 57 erschienenen Bericht über die Abh. von H. Slätis (Ann. Phys., Lpz. 32 (1938) S. 734, ferner Meddelanden från Åbo Akademis Fysikaliska Institut Nr. 21) ist die in den zitierten Gleichungen vorkommende Wellenlänge λ durch die halbe Wellenlänge λ' zu ersetzen.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Ing. K. Bätz VDE, Berlin-Wilhelmshagen, Fahlenbergstr. 27.
Dipl.-Ing. A. Kammerer, München-Bogenhausen, Kufsteiner Platz 4.
Dr. G. Otterbein, Berlin-Steglitz, Klingsorstr. 67.
Dipl.-Ing. O. Schroeder, München 8, Maria-Theresia-Str. 11.
Prof. E. P. Vanoni und Prof. G. Someda, Venedig (Italien), Palazzo Vendramin, Centro Volpi di Elettrologia.

Abschluß des Heftes: 2. Februar 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
60. Jahrgang Berlin, 16. Februar 1939 Heft 7

Die elektrischen Einrichtungen des Luftschiffes „LZ 130".

Von E. Hilligardt, Friedrichshafen.

DK 621.3 : 629.132 23

Übersicht. Die elektrischen Anlagen des Luftschiffes LZ 130 („Graf Zeppelin") werden insoweit beschrieben, als sie von denen des Luftschiffes LZ 129 („Hindenburg") abweichen [ETZ 57 (1936) S. 354]. Im besonderen wird auf die Vorteile des Drehstroms und die Verwertung der Auspuffwärme für Kochzwecke hingewiesen und einige Sonderbauarten behandelt.

Nach den guten Ergebnissen der Fahrten mit dem Luftschiff LZ 129 („Hindenburg") erteilte die Deutsche Zeppelin-Reederei der Werft im Sommer 1936 den Auftrag zu einem Schwesterschiff, für das bei denselben Fahrleistungen eine Erweiterung der Fahrgasträume auf 70 Betten vorgesehen war. Unter dem Eindruck des Unglücks von Lakehurst wurde beschlossen, das Luftschiff mit Helium zu füllen, eine Maßnahme, die vom elektrotechnischen Standpunkt aus nur freudig begrüßt werden konnte, da damit keinerlei Beschränkungen in der Anwendung der Elektrizität im Luftschiff mehr vorhanden waren. Die Werft hatte in den Wasserstoffschiffen grundsätzlich vermieden, elektrische Einrichtungen in Räumen zu verwenden, in denen betriebsmäßig ein Wasserstoff-Luft-Gemisch auftreten kann. Nur Meßeinrichtungen für Gas- und Temperaturüberwachunng mit sehr niedrigen Betriebsspannungen und Stromstärken nicht über 40 mA sind hiervon ausgenommen.

Als der Bau des Luftschiffes schon ziemlich weit fortgeschritten war, machten die V. S. Amerika im Frühjahr 1938 in der Heliumlieferung solche Schwierigkeiten, daß im Sommer 1938 wieder die Umstellung auf Wasserstoff vorgenommen werden mußte. Diese Umstellungen

Abb. 1. Dieselmotor mit Generator.

Abb. 2. Grundschaltbild der elektrischen Anlage.

forderten natürlich in der Ausführung der elektrischen Anlagen jeweils tief einschneidende Maßnahmen. Daß durch diese elektrische Umstellung keine Überschreitung des Bautermins erforderlich wurde, ist in erster Linie darauf zurückzuführen, daß sich die elektrischen Anlagen von LZ 129[1]) bei allen behördlichen Prüfungen und im Fahrbetrieb restlos bewährten und daher nur Änderungen vorgenommen wurden, die auf den Wechsel in der Stromart zurückzuführen sind. Es hatte sich nämlich schon während des Baues von LZ 129 gezeigt, daß bei größeren Luftschiffen, insbesondere durch die verhältnismäßig große Zahl der motorischen Antriebe, die günstigste Stromart Drehstrom ist, wobei folgende Gesichtspunkte den Ausschlag gaben:

1. Drehstrommotoren mit Kurzschlußläufer lassen sich mit einfachen Mitteln und geringem Gewichtsaufwand explosionssicher bauen.
2. Der Wegfall der empfindlichen Motoranlasser.
3. Der Wegfall der zahlreichen Drosselspulen und Entstörungskondensatoren zur Unterdrückung der Störungen in den Empfangsgeräten durch die Stromwender der Elektromotoren und Umformer gewährleistet neben erheblichen Gewichtseinsparungen eine wesentlich höhere Betriebssicherheit der Anlage.
4. Wegfall der rotierenden Umformer für die Funkentelegraphie und Ersatz durch leichtere und störungsfreiere Netzanschlußgeräte.
5. Aufteilung des Netzes nach günstigsten und gefahrlosen Spannungen (Scheinwerfer, Instrumentenbeleuchtung, Handlampen usw.). Diese Aufteilung sichert auch die Begrenzung von „Erdschlußfehlern", also Schlüssen mit dem Luftschiffkörper.
6. Ersatz der schweren Glühkerzenbatterien der Hauptmotoren durch Umspanner.
7. Erhöhte Sicherheit in den Schaltorganen bei Wechselstrom. Herabsetzung der Feuergefahr und keine Bildung von Kriechströmen.
8. Wegfall von Kompaßbeeinflussungen.

Der geringste Gewichtsaufwand wäre bei einer Frequenz zwischen 150 und 350 Hz erforderlich; da aber bei dem vorliegenden Ausrüstungsumfang nur wenige Motoren über 3000 U/min zur Anwendung kommen können, wurde in Anbetracht des sehr geringen Gewichtsunterschiedes vorläufig die an Land übliche Frequenz von 50 Hz beibehalten, wodurch sich auch die Beschaffung von Frequenzumformern zum Anschluß der Schiffsanlage in den verschiedenen Hallen erübrigte. Der Übergang von 220 V Gleichstrom auf Drehstrom gleicher Spannung ergab eine Gewichtsverminderung von 18 %.

Die durch die Verwendung von 220 V Wechselstrom auftretenden größeren Gefahren können ohne weiteres in Kauf genommen werden, da sowohl dem mit höheren Spannungen vertrauten Fachpersonal in der Zentrale als auch dem ungeschulten Personal und den Fahrgästen durch restlose Kapselung und Blockierung aller Armaturen jede Möglichkeit zur Berührung spannungsführender Teile genommen ist. Die Installation der Anlage wurde außerdem mit besonderer Sorgfalt durchgeführt und als Leitungsmaterial das im LZ 129 voll bewährte mit gerilltem Aluminiummantel geschirmte Kabel verwendet. Dieser Aluminiummantel ist „geerdet", also mit dem Luftschiffkörper leitend verbunden.

Zur Stromversorgung des Luftschiffes dienen zwei dieselelektrische Maschinensätze (Abb. 1) von je 22 kVA Spitzenleistung bei einem Gesamtanschlußwert der elektrischen Anlagen von 32 kVA. Die Vierzylinder-Vorkammer-Dieselmotoren haben bei 95 mm Bohrung, 130 mm Hub, 1500 U/min, eine Spitzenleistung von je 40 PS. Ein an die Einspritzpumpe angebauter Fliehkraftregler hält die Drehzahl auf ± 1½ % genau ein. Die elektrischen Anlasser wurden aus Gewichtsgründen durch eine Druckluftanlaßeinrichtung ersetzt, da auch Schwungradanlasser wegen der zu langen Anlaufzeit ausscheiden.

Schnitt A–B

Hülle

Fahrtrichtung →

a Dieselmotor
b Generator
c Kühler mit Warmwasserbereiter
d Schraubenlüfter
e elektrische Pumpe für die Wasserversorgung
f Hauptschalttafel
g Kreiselmutterkompaß
h elektrische Wärmeplatten
i Wählerzentrale
k Auspuffherd
l Auspuffschalldämpfer
m Bratröhre

Abb. 3. Elektrische Zentrale.

[1]) E. Hilligardt, ETZ 57 (1936) S. 354.

Zur Förderung der erforderlichen Kühlluft dient ein Schraubenlüfter mit polumschaltbarem Außenläufermotor für 920 und 1420 U/min. Die mit einer Isolation aus Durignit versehenen Drehstromgeneratoren von 225 V, 22 kVA, 50 Hz und cos φ-0,9 sind unmittelbar an das Dieselmotor-Kurbelwellengehäuse angeflanscht und das antriebseitige Generatorwellenende in einem balligen Einstellring und einer Zahnkupplung im Kurbelwellenflansch gelagert. Die Erregermaschine sitzt mit dem Drehstromteil auf gemeinsamer Welle. Die Spannungsregelung erfolgt durch einen Kohledruckregler im Erregerstromkreis der Erregermaschine.

Abb 3a. Elektrische Zentrale im Bau.

Die Stromverteilung auf die Generatoren erfolgt in Einzelwahlschaltung (Abb. 2). Die Verringerung der Leistung der Maschinensätze um 7,2 kW gegenüber LZ 129 war nur durch die Verwendung der Auspuffwärme der mit den Generatoren gekuppelten Dieselmotoren für Kochzwecke möglich. Hierzu mußte die elektrische Zentrale (s. Abb. 3 und 3 a) dicht neben die Küche, also unmittelbar unter die Fahrgasträume gelegt werden. Der akustische Störspiegel in den Fahrgasträumen ist durch die große Entfernung bis zu den Maschinengondeln sehr niedrig und schwankt je nach dem Füllungszustand der Gaszellen zwischen 40 und 50 Phon. Durch Gummilagerung der Motoren, hochelastische Anschlüsse für Betriebsstoff, Kühlwasser, Druckluft und Auspuff, Schalldämpfer für die Ansaugluft sowie Unterbringung der Motoren unter einer schallisolierenden Haube aus zwei Lagen Aluminiumblech mit dazwischenliegendem imprägniertem Filz wurde jede Belästigung der Fahrgäste durch die Motorgeräusche von der elektrischen Zentrale vermieden.

Die in den Auspuffherd kommenden Auspuffgase haben bei Normallast eine Temperatur von rd. 375° C. Je nach aufgestelltem Kochgut sinkt die Temperatur am Austritt auf rd. 220 bis 230° C. Den Verlauf der Herdoberflächentemperaturen an acht Meßstellen während eines Kochvorganges für 40 Fahrgäste zeigt Abb. 4. Die Kochzeiten konnten gegenüber denen auf den elektrischen 1800 W-Kochplatten von LZ 129 um die Hälfte gekürzt werden. Diese Verwendung der Auspuffwärme ermöglichte eine Einsparung von 4 Kochplatten zu je 1800 W und eine Leistungsverringerung der dieselelektrischen Maschinensätze um 7,2 kW, was eine Gewichtseinsparung von 300 kg an den Dieselmotoren, Generatoren und dem Installationsmaterial ergab.

Die Umstellung auf Drehstrom erforderte eine grundlegende Änderung in dem Aufbau der Ruderwinden, die unter Beibehaltung der Übertragung durch Drahtzüge von der Führergondel bis zur Flosse für Hand-, Servo- und Selbststeuerung eingerichtet werden mußten (Abb. 5). Bei Handsteuerung erfolgt die Übertragung vom Handrad *1* über Welle *2*, Kupplungszahnrad *3*, Stirnrad *4*, Hohlwelle 5 auf die Kettenräder *6*, welche in Bronzebüchsen lose auf der Kettenradwelle sitzen und mittels Kupplungszahnrädern *7* und *8* mit der Kettenradwelle *5* verbunden sind Für jede Ruderfläche ist ein besonderer Zug zur Führergondel geführt, so daß auch bei Bruch eines Drahtes oder einer Kette nach dem Auskuppeln des betreffenden Kettenrades mit einer Steuerfläche weiter gesteuert werden kann. Bei Handradsteuerung muß der Umschalthebel *9* nach unten stehen; dann sind die Steuerräder *10* und *11* sowie die Vorgelegewelle *12* und Stirnrad *4* nicht miteinander verbunden. In der gezeichneten Stellung des Umschalthebels *9* nach oben ist die Servomotorsteuerung eingeschaltet, und die Steuerräder *10* und *11* sind im Eingriff, so daß eine Drehbewegung des Handrades über die Vorgelegewelle *13*, die Kegelräder *14* und *15* und die Schaltwelle *16* auf die Kegelradwelle *17* übertragen wird, und mittels der Stirnräder *18*, *19*, *20* und *21* die Bürsten eines läufergespeisten Drehstrom-Nebenschlußmotors gedreht werden und damit die Drehzahl des Motors im Bereich von 580 bis 5300 U/min kontinuierlich verändert werden kann. Dieser Drehstrommotor, der für ein Drehmoment von 0,22 mkg bemessen ist, treibt über die Schnecke *22* und das auf der Drehmomentkupp-

Abb. 4. Temperaturverlauf am Auspuffherd während eines Kochvorganges.

lung sitzende Schneckenrad *23* über die auf 9 mkg eingestellte Drehmomentkupplung auf die Räder *24* und *25* und Vorgelegewelle *12* über Kupplungszahnrad *3*, Stirnrad *4*, Hohlwelle *5* auf die Kettenräder *6*. Durch das Einfügen der Drehmomentkupplung erübrigt sich der Einbau von Endlagenausschaltern. Beim Drehen der Kegelrad-

Abb. 5. Schema der Ruderanlage.

welle *17* wird mittels Kegelrad *26* die Schaltscheibe *27* gedreht, wodurch der Schalthebel *28* mittels eines einfachen Walzenschalters *29* den Motor ein- bzw. umschaltet. An der Kegelradwelle *17* greift über Kegelradwelle *30* der Antrieb für das selbsttätige Steuer und in das Stirnrad der Welle *31* eine Zahnstange *32* ein, die mittels der Feder *33* die Handradwelle *2* in die Nullstellung zurückdreht. Beim Hochdrücken des Hebels *9*, also beim Umschalten von Handradsteuerung auf Steuerung mit Hilfsmotor, wird mittels Kupplungszahnrad *3* das Stirnrad *4* mit der Vorgelegewelle *12* verbunden und gleichzeitig über die Vorgelegewelle *13* die Steuerräder *10* und *11* in Eingriff gebracht. Die niedere Abschaltdrehzahl und das mit gutem Wirkungsgrad mögliche Rückarbeiten der Motoren mit Nebenschlußverhalten ermöglichen, den Nachlauf der Rudermaschine so gering zu halten, daß besondere Bremseinrichtungen nicht erforderlich sind. Die Übersetzungsverhältnisse sind so gewählt, daß beim Drehwinkel am Steuerhandrad von 15 ° der Motor eingeschaltet wird und das Ruder mit einer Drehgeschwindigkeit von rd. 0,5 °/s zu drehen beginnt. Bei einem maximalen Drehwinkel am Handrad von 135 ° wird das Ruder mit einer Geschwindigkeit von rd. 4,5 °/s gedreht. Mit diesem Regelbereich (Abb. 6) der Drehgeschwindigkeit 1 : 9 wird für alle Wetterlagen und Böen die geeignete Drehgeschwindigkeit am Ruder ermöglicht und durch das zwangsläufige weiche Anfahren mit niederer Drehzahl in Verbindung mit der hohen Torsionselastizität der Drehmomentkupplung eine besondere Schonung der Drahtzüge und Ketten erreicht.

Die wegen der unmittelbaren Nähe der Funkstation und der Nebellandeeinrichtung für diesen Motor befürchtete große Aufwendung an Entstörmitteln war nicht nötig. Es sind keinerlei Entstörmittel am Walzenschalter und Kommutator eingesetzt, nur das Leitungsnetz ist lückenlos geschirmt.

Eine weitere grundlegende Änderung wurde noch in der Fernsprechanlage[2]) durchgeführt. An Stelle der Zweileiter-Linienwählerschaltung ist ein Selbstanschlußsystem verwendet worden, da das Navigationspersonal durch die Herstellung der sich immer mehr steigernden Querverbindungen infolge der räumlichen Trennung von Fahrgastraum, Funkstation und Führergondel unnötig in Anspruch genommen wurde und im Luftschiff keine dauernd besetzte Stelle zur nebenamtlichen Bedienung vorhanden ist.

Abb. 6. Regelbereich der Rudermaschine.

Als Fernsprechanlage ist ein Kleinautomat eingebaut, ausbaufähig für dreizehn Teilnehmer (Abb. 7). Alle Relais, Drehwähler, Sicherungen, Verteiler, Kondensatoren usw. sind in einem dichten Leichtmetall-Wandgehäuse untergebracht. Die Anschlußspannung dieser Zentrale beträgt 24 V.

Zur Herstellung der Verbindungen sind bis zu fünf Verbindungsaggregate vorgesehen, die aus je zwei 17teiligen Drehwählern (Anrufsucher und Leitungswähler) und den dazugehörigen Relais bestehen. Es können also gleichzeitig bis zu fünf Verbindungen hergestellt werden. Um mit einem 17teiligen Drehwähler dreizehn Teilnehmer unter Benutzung einer 10teiligen Nummernscheibe zu erreichen, ist der nullte Schritt vom Leitungswähler eine Raststelle. Die Bezifferung der Teilnehmer ist also 1 bis 9, 01 bis 04.

Der Verkehr der Sprechstellen untereinander geschieht durch Nummernwahl, also ohne Vermittlung.

Um dem Führer des Luftschiffes als bevorzugten Teilnehmer die Möglichkeit zu geben, sich auf jede bestehende Verbindung aufzuschalten, ist je Aggregat ein Prüfhilfsrelais vorgesehen, das über den nur dem Anschluß 01 zugeordneten Widerstand anspricht und die selbsttätige Aufschaltung auf die bestehende Verbindung mit Tickerzeichen vornimmt. Um allen Teilnehmern die Möglichkeit zu geben, sich auf den besetzten Führeranschluß aufzuschalten, ist je Aggregat am zugehörigen Schritt des Leitungswählers eine zweite Wicklung vom Prüfhilfsrelais vorgesehen. Das Relais spricht an und bewirkt die selbsttätige Auf-

[2]) W. Preussker, Siemens-Z. 18 (1938) S. 528.

schaltung auf den besetzten Führeranschluß mit Tickerzeichen.

Nach Wahl einer besonderen Kennziffer kann der Führer auf eigens hierfür bestimmte Stationen ein Auswiegesignal, zum Abwiegen des Schiffes vor der Landung geben, worauf jeder Fahrtteilnehmer seine Landeposition einzunehmen hat. Ein dem Führeranschluß am Anrufsucher zugeordnetes KZ-Relais erregt nach Wahl der besonderen Kennziffer Hilfsrelais, welche zwei Auswiegesignalstationen am Bug und Heck und eine 24 V-Hupe an das Auswiegesignal legen. Besonders hervorzuheben ist noch, daß bei diesem Kleinautomaten eine unnötige Belegung von Verbindungsaggregaten durch Nichtwahl oder gestörte Leitungen (Leitungsschluß) verhütet wird.

Abb. 7. Kleinautomat der Fernsprechanlage. Rechts der Kreiselmutterkompaß.

Zusammenfassung.

Nach einer Aufzählung der Gesichtspunkte, die zur Verwendung von Drehstrom an Stelle von Gleichstrom führten, wurde gezeigt, daß durch diese Umstellung bei gleichem Umfang der Anlage 18 % des Gewichtes eingespart werden konnte. Die Auspuff- und Kühlwasserabwärme der 40 PS-Dieselmaschinen für Kochzwecke und Warmwasserbereitung brachte eine Verringerung der elektrischen Leistung um 7,2 kW und eine Gewichtseinsparung von 300 kg. Die Ruderanlage wird näher beschrieben, insbesondere gezeigt, wie auch bei Drehstrom ein weiter Regelbereich der Drehgeschwindigkeit des Ruders ermöglicht wird. Die erstmals als Wählerzentrale ausgebaute Fernsprechanlage ist näher beschrieben.

50 Jahre elektrolytische Wasserzersetzer.

Von K. Arndt VDE, Berlin.

DK 621.357.12(09) : 546.212

Übersicht. Die konstruktive Entwicklung der elektrolytischen Wasserzersetzer von den kleinsten Anfängen bis zu den heutigen Riesenapparaten wird an den wichtigsten Typen geschildert. Die wirtschaftliche Bedeutung wird durch einige Zahlen belegt.

Am 20. 11. 1888 wurde DRP 51 998 „Vorrichtung zur Gewinnung von Wasserstoff und Sauerstoff auf elektrolytischem Wege“ angemeldet. Der Wasserstoff sollte zum Füllen von Luftballons verwendet werden. Heute dienen schätzungsweise 300 000 kW zur Gewinnung von Elektrolytwasserstoff, was einer stündlichen Erzeugung von über 60 000 m³ entspricht. Da lohnt es sich, auf diese gewaltige Entwicklung aus kleinen Anfängen zurückzuschauen[1]).

Dmitri Latchinoff aus St. Petersburg beschrieb in jenem Patent, welches mehrere grundlegende Konstruktionsgedanken birgt, eine apparative Anordnung zur Massengewinnung von Wasserstoff und Sauerstoff durch Elektrolyse von angesäuertem oder schwach alkalisch gemachtem Wasser mit getrennter Ableitung der beiden Gase, Trockenvorrichtungen und Gasbehältern. Die Elektroden sollten bei alkalischen Elektrolyten aus eisernen Platten oder Drahtnetzen bestehen, über denen Hauben aus isolierendem Stoffe die Gase getrennt auffingen. Zwischen den Elektroden verhüteten in Ebonitrahmen eingespannte Asbestdiaphragmen, daß kathodischer Wasserstoff sich dem anodischen Sauerstoff beimengte und das gefährliche Knallgas bildete. Bei mäßiger Belastung mit Strom wurden diese Diaphragmen als entbehrlich erachtet. Senkrechte Rillen auf den Platten sollten das Aufsteigen der Gasblasen erleichtern. Sicherungen, welche Druckunterschiede in den beiden Zellenhälften selbsttätig ausglichen, wurden durch Schwimmer betätigt. Einige Jahre später baute Latchinoff eine Anlage mit 40 Zellen, schmalen Eisenkästen, die gleichzeitig als Kathode dienten; die Anoden, Eisenbleche von 90 × 50 cm, waren vom Diaphragma umschlossen; der Elektrolyt war 10- bis 15prozentige Natronlauge. Die austretenden Gase wurden von mitgerissenen Laugentröpfchen befreit und getrocknet, indem sie über Bimsstein geleitet wurden, der mit konzentrierter Schwefelsäure getränkt war. Als Stromquelle war eine 110 V-300 A-Dynamo vorgesehen. Dies war einer der ersten „unipolaren“ Wasserzersetzer. Für die Gewinnung kleinerer Mengen hatte Latchinoff „bipolare“ Elektroden gewählt. In einen langen Holzkasten waren 40 Eisenplatten von 7 × 10 cm dicht eingesetzt, welche ihn in schmale Kammern teilten; nur die Endplatten wurden mit der Stromquelle verbunden; alle Zwischenplatten wirkten auf ihrer dem negativen Pol zugekehrten Seite als Anoden und entwickelten Sauerstoff, auf der anderen Seite als Kathoden, an denen der Wasserstoff frei wurde. Die Diaphragmen waren aus Pergamentpapier.

Ebenfalls für die Luftfahrt hat der Franzose A. Delmard (DRP 58 282 von 1890) einen runden Wasserzersetzer ersonnen. In dem Gefäß, das gleichzeitig Anode war, hing, umhüllt von einem Asbestsack, ein gelochter Eisenzylinder als Kathode. Das Patent wurde alsbald auf den Schöpfer der französischen Militärluftfahrt Renard übertragen.

Aus der Fabrikation der Akkumulatoren heraus und für sie zum Löten mit dem Wasserstoff-Sauerstoff-Gebläse ist bei Gottfried Hagen in Köln-Kalk der runde Zersetzer

[1]) Zuerst wurde 1891 in der ETZ ein „Voltameter“ beschrieben, mit welchem d'Arsonval für seine Vorlesungen Sauerstoff herstellte.

von U. Schoop entstanden mit Bleielektroden, Schwefelsäure von der Dichte 1,23 als Elektrolyten und einem im unteren Teil gelochten Tonrohr als Diaphragma. Für 18 Zellen wurden wegen der hohen Gegenspannung Blei-Bleisuperoxyd (über 2½ V) 65 V, also je Zelle über 3½ V, benötigt. Auch Zersetzer des Italieners Pompeo Garuti (DRP 83 110 usw.) verwendeten Schwefelsäure und Blei, aber als Diaphragma metallische Scheidewände mit feinen Löchern, wie sie viel später Pechkranz wieder benutzt hat. Sie arbeiten nicht als bipolare Elektroden, solange das Potentialgefälle von ihnen zu den Elektroden beiderseits kleiner als die zur Zersetzung nötige Spannung bleibt. Garuti-Batterien der Gesellschaft Oxhydrique waren um die Jahrhundertwende in Luzern, Brüssel, Paris und Tivoli in Betrieb. Die Luzerner Anlage lieferte mit einer Stromdichte von 200 A/m² stündlich 4 m³ Wasserstoff. Er wurde in Kompressoren auf 200 atü verdichtet (der Sauerstoff auf 150 atü). Die Gase dienten für Luftfahrt, technische und ärztliche Zwecke. Später ist man aber allgemein zu alkalischen Elektrolyten übergegangen, die Eisen als Baustoff gestatten und eine geringere Gegenspannung geben. Schoop hatte freilich gegen Alkali eingewendet, daß Schwefelsäure viel

Abb. 1. Glockenzelle von Schuckert (1896).

billiger sei als Natron- oder gar Kalilauge, daß schon bei mäßiger Stromstärke das Schäumen der Lauge störe und daß die Elektroden stark angegriffen würden. Chloridhaltige Lauge frißt freilich das Eisen anodisch an; deshalb verwendet man heute chloridfreie Lauge, welche elektrolytisch nach dem Quecksilberverfahren gewonnen wird, und schützt außerdem die Anode durch starke Vernickelung. Das Schäumen vermeidet man, indem man den zusammengebauten Zersetzer sorgfältig von Fett und anderem Schmutz befreit, welcher mit der Lauge Seife bildet.

17prozentige Natronlauge war der Elektrolyt in der Glockenzelle von Schuckert von 1896. Weil sie nur durch ein Gebrauchsmuster (DRGM 80 504) geschützt war, wurde über ihren Aufbau im einzelnen nichts veröffentlicht. Abb. 1 zeigt ihn nach einer mir später zugesandten Zeichnung. Die eisernen Bolzen, welche die Elektrodenbleche tragen, sind isoliert durch die schmalen eisernen Glocken geführt, aus welchen die Elektroden nach unten ein gutes Stück herausragen. Abwechselnd hängen Kathoden und Anoden (alle Kathoden und alle Anoden einer Zelle parallel geschaltet) samt ihren Glocken in einer großen eisernen Wanne, die von einer 5 cm dicken Sandschicht umhüllt in einem Holzkasten steht. Dank diesem Schutz erwärmt sich der Elektrolyt durch den Strom auf 50 bis 60 °, wodurch seine Leitfähigkeit fast verdoppelt wird. Immerhin war die Klemmenspannung 2,8 bis 3 V und je Kubikmeter Wasserstoff wurden 6 kWh gebraucht. Der von den Gasen mitgerissene Elektrolyt wurde in Laugenabscheidern abgefangen; trotz-

Abb. 2. Oerlikon-Zersetzer (1899).

dem mußten je Kubikmeter Wasserstoff 2 bis 10 g Ätznatron nachgegeben werden. Der Wasserstoff enthielt noch 2 bis 3 % Sauerstoff; er wurde, wenn nötig, davon befreit, indem man ihn in einem elektrisch geheizten Silberrohr über fein verteiltes Palladium als Katalysator leitete, wodurch aus dem Sauerstoff und der entsprechenden Menge Wasserstoff Wasser entsteht. Die Schuckert-Anlagen lieferten Wasserstoff für Luftballons, Wasserstoff und Sauerstoff zum autogenen Löten und Schweißen, zum Schmelzen von Glas, Quarz und Edelmetallen, Sauerstoff für Azetylen-Sauerstoff-Brenner und für Ärzte. Zwei große Anlagen in Straßburg und Metz gaben für Heereszwecke in 24 Stunden je 1200 m³ Wasserstoff.

Die englische Militärluftschifferstation in Farnborough gebrauchte ebenso wie die schwedische und russische Marine auf ihren Ballonschiffen, welche auch mit Kompressoren und Stahlflaschen ausgerüstet waren, Zersetzer der Maschinenfabrik Oerlikon (bei Zürich). Diese waren von dem Schweizer O. Schmidt (DRP 111 131 von 1899) aus bipolaren Elektroden nach dem Vorbild einer Filterpresse zusammengebaut; es wurde hierbei an Platz, Elektrolyt, Stromanschlüssen und Gasleitungen gespart. Bei dem mit 75 A betriebenen Zersetzer B 75 (Abb. 2), welcher stündlich 1,9 m³ Wasserstoff von 99 % gab, waren 48 Zersetzungskammern aus gußeisernen Elektrodenplatten gebildet; die aufvulkanisierten Gummiränder der sie trennenden Asbesttücher dichteten die Kammern ab, sobald mit Handrad und Schraubspindel das Ganze zusammengepreßt war. Die senkrecht gerippten Elektroden hatten in ihrem verdickten Rande drei Löcher, je eines in den oberen Ecken und eins unten in der Mitte; ihnen entsprachen gleiche Löcher im Diaphragmenrand. Diese Löcher bildeten aneinandergereiht oben die beiden Gasabführungskanäle und unten den Zuflußkanal für die Flüssigkeit. Entsprechende Schlitze führten den Wasser-

stoff hinauf in ihre Kanäle und ließen unten beiderseits den Elektrolyten, 10prozentige Kaliumkarbonatlösung, eintreten. Diesen Elektrolyten hatte Schmidt gewählt, weil er frei von Chlorid zu beziehen war und vielleicht auch, weil Kalilauge aus der Luft doch Kohlensäure aufnimmt und karbonathaltig wird; er ist auch billiger, leitet aber viel schlechter. In den gußeisernen Trommeln schieden sich die Gase von dem Elektrolyten, welcher zum unteren Kanal hinab und in die Kammern zurückfloß. Kühlschlangen in den Trommeln gestatteten, die Temperatur des Elektrolyten zu regeln. Durch den Trichter zwischen den Trommeln wurde destilliertes Wasser nachgefüllt. Auf den beiden Tragstangen lagen die Elektroden mit ihren Armen isoliert auf. Die Wanne unter dem Zersetzer nahm (trotz den Dichtungen) herabtropfenden Elektrolyt auf; sie war so geräumig, daß sie bei der halbjährlich notwendigen Entschlammung die ganze Flüssigkeit aufnehmen konnte. Jährlich waren 15 % des Karbonats nachzugeben; die Asbesttücher hielten 1½ Jahre, die gußeisernen, auf der Anodenseite vernickelten Elektroden zehn Jahre. Die Zellenspannung betrug bei 60 ° 2,3 V und der Verbrauch je Kubikmeter Wasserstoff 6 kWh. Überlastung bis 30 % war für einige Stunden zulässig. Der größte Oerlikonzersetzer C 125 lieferte stündlich 6,4 m³ und nahm eine Bodenfläche von 4,2 × 1,65 = 6,9 m² ein. Schmidt hoffte seinerzeit, den Wasserstoff auch für Gasglühlicht zu verwenden und hatte berechnet, daß die Beleuchtung halb so teuer käme wie bei Azetylenlicht, auf das man um die Jahrhundertwende große Hoffnungen setzte.

Abb. 3. Diaphragma der neueren Sürth-Zersetzer.

Mit metallischem Diaphragma hat, wie schon angedeutet, R. Pechkranz (DRP 396 994 E von 1920) die Zersetzer der Genfer Firma Hydroxygène ausgerüstet. Er warf den Asbestdiaphragmen vor, daß sie die Gase nicht vollkommen trennten, dem Strom einen erheblichen Widerstand böten, ihre Porosität änderten, nicht genügende Festigkeit hätten und chemisch angegriffen würden. Sein Diaphragma besteht aus nur 0,1 mm dickem Nickelblatt mit etwa tausend winzigen Löchern je Quadratzentimeter, das galvanoplastisch auf sinnreiche Weise hergestellt ist. Die Größe der Löchlein nimmt nach unten zu; oben, wo die Gase sich sammeln, ist das Blech voll. Die Gasblasen werden durch die Oberflächenspannung gehindert, durch die engen Löchlein hindurchzutreten, und weil die Löcher viereckig sind, können keine sich an ihnen absetzende Blasen dem Elektrolyten den Weg gänzlich versperren. Die Elektroden des bipolaren Pechkranzzersetzers sind in ihrer heutigen Gestalt runde Eisenbleche, auf der Anodenseite stark vernickelt. Die Nickeldiaphragmen sind in ihre aus U-Eisen gebildeten Rahmen einzementiert und durch vernickelte Flacheisen beiderseits versteift. Im oberen Teil der Rahmen sind durch Stege Räume für die Gase abgetrennt, welche zusammengefügt mit den entsprechend ausgesparten Elektroden (ähnlich wie bei Oerlikon) die Gassammelkanäle bilden. Als Dichtung sind mit Bitumen getränkte Asbestschnüre in Rillen des Rahmens eingelegt. Die Gasabscheider oberhalb der über 100 Zellen enthaltenden Batterie sind mit Kühlschlangen versehen, und die Gase werden durch das Speisewasser gewaschen. Die Elektroden von 1,8 m Dmr. werden mit 1500 bis 2000 A belastet; bei 2000 A beträgt die Zellenspannung 2,3 bis 2,5 V. Der Elektrolyt ist Natronlauge von 20 % oder Kalilauge von 26 %. Die Reinheit des Wasserstoffes wird zu 99,5 bis 99,9 %, der Platzbedarf je 100 kW zu 6,3 m² angegeben. In der mit 100 000 kW arbeitenden norwegischen Anlage in Vemork bei Rjukan sind die Zellen in sechs Stockwerken übereinander aufgebaut. Aber die deutsche Lizenznehmerin von Pechkranz, die Maschinenfabrik Sürth (Zweigniederlassung der Lindegesellschaft) bei Köln, verwendet seit 1931 Asbestdiaphragmen (Abb. 3), welche in einen durch Querstäbe unterteilten vernickelten Flacheisenrahmen eingeklemmt sind. In den Ecken des Rahmens sind durch eingeschweißte Profileisen Öffnungen ausgespart, welche mit entsprechenden Löchern in den Elektrodenplatten Kanäle für die Gase und den zurückfließenden Elektrolyten bilden.

b Rahmen *c* Diaphragma *i* Ringe *k* Speisewassereintritt

Abb. 4. Zellenrahmen des Bamag-Zdansky-Zersetzers.

Auch die Bamag-Meguin AG. in Berlin hat bei ihren von E. Zdansky konstruierten Wasserzersetzern anfangs (DRP 440 336 von 1924) gelochte Metallelektroden versucht, sie aber dann durch ein Gewebe aus Asbestfäden mit einem Kern aus nichtrostendem Stahldraht ersetzt. Der dicke Rand des Rahmens *b* (Abb. 4), in welchen das Diaphragma straff eingespannt ist, birgt in den oberen Ecken die Auslässe, an welche Rohrstutzen geschweißt sind, durch welche der Wasserstoff und der Sauerstoff in ihre kanalbildenden Ringe *i* emporsteigen. Das Speisewasser tritt unten links ein. Um den Abstand zwischen den Elektroden[2]) und damit den ohmschen Widerstand im Elektrolyten (Kalilauge von der Dichte 1,24) möglichst zu verringern, sind auf die Stahlplatten (Abb. 5) Sieb-

Abb. 5. Elektrode des Bamag-Zdansky-Zersetzers.

[2]) Sie haben bei der Type C 3 m² wirksame Fläche.

bleche als „Vorsatzelektroden" mit Distanzbolzen aufgesetzt. Die Löcher in diesen Blechen lassen die Gasblasen nach rückwärts durchtreten; andernfalls würde in dem schmalen Raum zwischen Elektroden und Diaphragma Schaum den Widerstand im Elektrolyten wohl um die Hälfte steigern. In die Doppelnute des Diaphragmenrahmens und zwischen die Teilstücke der Gaskanäle wird ein besonderer in der Wärme etwas elastischer Bitumenasbest gepreßt; er isoliert gleichzeitig. Innen ist der eiserne Rahmen zum Schutz gegen Angriff durch die heiße Lauge mit Zement abgedeckt. Zum gleichen Zwecke sind die erwähnten Rohrstutzen und die Anschlüsse des Speisekanals mit Eternit ausgekleidet. Der Abstand zwischen den Elektroden und dem Diaphragma wird durch Buckel auf dem Tuch aufrechterhalten, so daß es sich nie an den Blechen scheuern und dadurch Schaden leiden kann. Abb. 6 zeigt den neuesten Bamag-Zdansky-Zersetzer C 500 mit einer Leistung von 500 m³ Wasserstoff stündlich. In der großen Trommel oberhalb der Batterie von 160 Zellen trennt sich die von den Gasen mitgerissene Lauge; sie fließt in die Kammer, welche in die Mitte der Batterie eingeschaltet ist, wird hier gekühlt und durch ein Filter **entschlammt**, bevor sie durch den unteren Kanal in die Zellen zurückkehrt. Auch das Waschen und Kühlen der Gase ist vervollkommnet. In jener großen Trommel (sie ist durch eine senkrechte Längswand in Abteilungen für Wasserstoff und Sauerstoff geschieden) perlt das Gas durch ein fein gelochtes Sprudelblech im Speisewasser empor und wandert dann im Zickzack zwischen Füllkörpern und Kühlrohrbündeln hinaus mit einer Temperatur von 20° und in einer Reinheit von 99,9 %. Auch das die Reste der Lauge mitführende Speisewasser fließt durch die Mittelkammer gekühlt zu den Zellen. Das Kühlwasser wird so geregelt, daß die Lauge in den Zellen auf 70 bis 80° bleibt. Bei Stromschluß drängen die sich entwickelnden Gasmengen Lauge hinauf in Ausgleichtrommeln, aus denen sie nach dem Ausschalten des Stromes wieder zurückfließen, so daß die Zellen ganz gefüllt sind; deshalb kann mit voller Stromstärke eingeschaltet werden, während bei älteren Zersetzern ein Anlaßwiderstand nötig war. C 500 beansprucht nur einen Bodenraum von 28 m².

Abb. 6. Bamag-Zdansky-Zersetzer C 500.

Bei der normalen Belastung mit 7000 A (350 bis 360 V Klemmenspannung) ist die Spannung je Zelle 2,15 V, bei 5000 A 2,05 V und bei 3000 A nur 1,90 V; dementsprechend sind je Kubikmeter Wasserstoff (feucht bei 20°) 4,8 oder 4,55 oder 4,2 kWh aufzuwenden. Solche gegen Korrosion und Verschlammen geschützten Zersetzer können viele Jahre ungestört arbeiten.

Außer den großen Batterien werden von der Bamag kleinere bis zu 2 m³ stündlich abwärts gebaut; diese verbrauchen 225 bis 335 A bei 40 bis 45 V. Kleine Einheiten stellen auch die in ETZ 36 (1925) S. 43 ausführlich beschriebenen Bipolarzellen der Elektrizitäts-AG. vorm. Schuckert und E. **Petz** (DRP 410 772 von 1923) für 850 A und 22 V dar; sie wurden nach Bedarf hintereinander geschaltet. Die Wandung ihrer Tröge war aus senkrechten ineinander greifenden U-Eisen zusammengesetzt und mit Zement vergossen. Aber der Zement bekam schon beim Transport leicht Risse, in welche die Lauge einsickerte. Die Siemens & Halske AG. hat neuerdings diesem Mangel abgeholfen, indem sie zwischen die Profileisen gummihaltige Dichtungen legte und das Ganze mit Zugeisen verspannte. In Nuten dieser Dichtungen werden die Elektroden und die Diaphragmen eingeschoben.

Auch die I. G. Farbenindustrie hat sich seit 1921 Patente auf diesem Gebiete erteilen lassen, z. B. für Zellen mit übereinander gestellten Taschenelektroden und Vorsatzblechen mit isolierenden Auflagen, zwischen welche das Diaphragma geklemmt ist. Wie bei den anderen neuzeitlichen Typen ist für gutes Kreisen des Elektrolyten gesorgt, damit sich keine schädlichen Unterschiede des Laugengehaltes in den Zellen ausbilden. Die Verwertung der I.-G.-Patente hat die S&H AG. übernommen.

Die **unipolaren** Wasserzersetzer sind durch die bipolaren keineswegs ganz verdrängt worden; sie sind in mannigfachen Bauarten mit allerlei Vervollkommnungen vielerorts in Betrieb. Sehr verbreitet ist im Auslande die englische **Knowles**-Zelle[3]) der International Electrolytic Plant Co, Sandycroft (Chester). Die ersten Knowles-Batterien wurden 1912 aufgestellt. Heute sind die 10 000 A-Zellen mit 20 Kathoden und 21 Anoden ausgerüstet; gegen 1912 wird heute bei gleicher Leistung nur ein Fünftel des Bodenraumes benötigt, weil die Elektrodenlänge verdoppelt und die Stromdichte höher ist. Die Bolzen, welche die Elektroden tragen und ihnen den Strom zuführen, werden jetzt aus chemisch reinem Eisen hergestellt, welches erheblich besser leitet als das gewöhnliche Eisen, oder auch aus Kupfer, das aber gegen Angriff durch die Lauge geschützt werden muß. So wurde die Zellenspannung von 2,25 auf 2 V herabgesetzt und die Überlastbarkeit der Zellen gesteigert. Gegen früher 4,86 werden nun 4,65 kWh je Kubikmeter gebraucht.

Etwa zur gleichen Zeit nahm in den V. S. Amerika J. H. **Levin** Patente, unter anderem auf das Überziehen der Kathoden mit einer dünnen Kobaltschicht. Abb. 7 zeigt die schmale, hohe Type M 1250 für 1250 A der Gasindustrie Co., Pittsburgh, Pa.; 100 oder mehr Zellen werden zu einer Batterie hintereinandergeschaltet. Dieselbe Gesellschaft hat auch zahlreiche **Electrolabs**-Batterien geliefert, deren Zellen in autogen verschweißte Gehäuse eingeschlossen sind; z. B. wurden bei der General Electric Company, Erie, Pa., von 1917 bis 1918 300 Electrolabs-Zellen aufgestellt.

3) Sie ist in der ETZ 51 (1930) S. 786, näher beschrieben.

Bald nach dem Weltkriege erschienen in Amerika die Egasco-Zelle (A. P. von 1920), in Italien F a u s e r (1922) und in Norwegen H o l m b o e[4]) (1923). Die Egasco-Zelle der Electrolytic Gas Co. besitzt gewellte Drahtnetzelektroden; die Wellen der Kathode und der Anode schmiegen sich ineinander, durch das nicht ganz zum Boden reichende

Abb. 7. Levin-Zelle.

Asbesttuch getrennt. Bei der Fauser-Zelle wird jede Elektrode von einem Asbestsack eingehüllt, der an der zugehörigen Gasglocke hängt; bei einer Belastung mit 400 A je m² ist die Spannung 2,1 V. Holmboe umhüllt nur die Kathoden mit Asbestsäcken, die unten einige Öffnungen besitzen. Auf weitere Konstruktionen und Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden.

Zum Schluß seien jedoch noch einige Worte über „D r u c k z e r s e t z e r" gesagt. Schon 1900 wollte C. W e s t p h a l (DRP 135 615) die Gase sich unter eigenem Drucke zusammenpressen lassen, und auch andere Erfinder haben sich später mit demselben Problem befaßt. Die Konstruktion von N o e g g e r a t h (DRP 508 480 von 1926) ist in ETZ 51 (1930) S. 787 beschrieben. Die Hochdruckzersetzer von F. L a w a c z e k (DRP 402 150 von 1923) und seinen Mitarbeitern wurden in München von Gesellschaften, die zu diesem Zwecke gegründet waren, für Versuchsanlagen gebaut, z. B. eine Batterie mit bipolaren Elektroden in ein waagerechtes Druckrohr von 20 cm Dmr. und 1 m Länge eingeschlossen. Die 19 hintereinander geschalteten Zellengruppen konnten mit 500 A belastet werden; bei 80° Laugenwärme betrug die Zellenspannung 2,2 V, die Energieaufnahme bis 20,9 W; der Druck 200 atü. Über die Versuchsstufe sind die Hochdruckzersetzer bisher nicht hinausgekommen. Hingegen hat die Siemens & Halske AG. kürzlich für bescheidenere Überdrucke von einigen Atmosphären, wie sie vom Schweißbrenner gebraucht werden, einen runden Zersetzer mit konzentrischen bipolaren Elektroden mit Vorblechen aus Nickel herausgebracht (Abb. 8). Durch Bodenbleche sind jeweils zwei Elektroden miteinander verbunden, die so gewählt sind, daß die arbeitende Fläche für alle Elektrodenpaare gleich groß ist; andernfalls würde ja die Stromdichte nach der Mitte zu auf unzulässige Höhe anschwellen. Alle Dichtungen sind so angeordnet, daß sie vor anodischem Angriff geschützt sind; sie liegen oberhalb der Lauge zwischen waagerechten Blechen, die mit den Elektroden dicht verschweißt sind.

Von den schätzungsweise 500 Mill. m³ Elektrolytwasserstoff jährlich wird der größte Teil in Ländern mit billiger Wasserkraft erzeugt, etwa 30 % in Norwegen, 25 % in Japan und 20 % in Italien. Der Riesenbedarf der Ammoniaksynthese wird etwa zur Hälfte durch Wasserelektrolyse geliefert. Bis zu einem Strompreise von 2 Rpf/kWh kann sie auch wirtschaftlich neben der chemischen Wasserstofferzeugung aus Kohle bestehen; ihr gegenüber bietet sie den Vorteil der sehr einfachen Apparatur, welche ohne weiteres reinsten Wasserstoff liefert. Dieser Vorzug ist auch der Grund, warum für die Fetthärtung elektrolytische Wasserzersetzer verwendet werden, deren Strom aus Dampfkraftwerken bezogen werden muß. Kleinere Anlagen sind an vielen Orten für Metallverarbeitung (Schweißen und Schneiden) im Gebrauch. Das Füllen von Luftballons ist im Zeitalter der Flugzeuge nicht mehr so wichtig. Immerhin ist auch der neue Zeppelin wieder mit Wasserstoff gefüllt worden[5]). Übrigens diente zur Ballonfüllung meist in Bitterfeld und bei Frankfurt der bei der elektrolytischen Gewinnung von Chlor und Ätzalkali nebenbei entstehende Wasserstoff[6]).

Abb. 8. Druckzersetzer von S. & H.

Gegenüber den anderen elektrochemischen Verwertungen der elektrischen Energie besitzt die Wasserzersetzung den seltenen Vorzug, daß sie sich nicht nur in weiten Grenzen schwankender Stromlieferung anpaßt, sondern auch Unterbrechungen von beliebiger Länge ohne Schaden verträgt, also für zeitweiligen Überschußstrom einen recht willkommenen Abnehmer darstellt.

[4]) Eine Holmboe-Anlage ist in ETZ 35 (1924) S. 462, abgebildet.

[5]) Siehe dieses Heft S. 185.

[6]) Während dort bei der Alkalichloridelektrolyse der Wasserstoff zumeist ungenützt entweicht, hat man bei der Wasserelektrolyse die 250 Mill m³ Sauerstoff jährlich leider bisher nur zum geringen Teil verwenden können.

Zusammenfassung.

Die allmähliche Entwicklung der elektrolytischen Wasserzersetzer bis zur heutigen Vollkommenheit wird veranschaulicht, indem die ersten Apparate von Latchinoff, die praktisch verwendeten Zersetzer von Schoop, Schuckert, Schmidt-Oerlikon und die neueren von Pechkranz, Zdansky u. a. bis zu dem neuesten Druckzersetzer von S & H gekennzeichnet werden.

Ausgleichverfahren zur Beseitigung von Störungen in einzeladrigen Fernmelde-Teilnehmerleitungen.

DK 621.394.823.013.71

Einzeladrige Teilnehmerleitungen sind größtenteils sehr störanfällig, wenn die Leitungen sich in der Nähe von Starkstromortsnetzen befinden, und sind somit in den letzten Jahrzehnten fast überall zu Doppelleitungen umgebaut worden, weil die Ansprüche an die Güte der Sprachübertragung mehr und mehr gesteigert werden. Derartige einzeladrige Anlagen haben aber noch heute eine wirtschaftliche Daseinsberechtigung in mittleren oder ganz kleinen Dörfern, deren Einwohnerzahl die unter allen Umständen teureren Doppelleitungsanlagen keineswegs rechtfertigen würde[1]).

Treten in solchen Anlagen lediglich Störungen auf, wird man oft auf sofortigen Umbau der Teilnehmerleitungen verzichten, wenn der betreffende Kapitalaufwand vielleicht aus wirtschaftlichen Gründen erst später zur Verfügung steht, und somit ist es bisher üblich geworden, die Störursache in fehlerbehafteten Lichtabnehmeranlagen oder Drehstrom-Ortsleitungsstrecken zu suchen; ein Verfahren, das oft nach mannigfachen Schwierigkeiten nur schlechten Erfolg ergeben hat. Wenn Teilnehmereinzelleitungen und Drehstromortsleitungen über längere Strecken (z. B. mehrere Kilometer) parallel verlaufen, werden in den Teilnehmerleitungen fremdelektromotorische Kräfte auftreten, die in den häufigst vorkommenden Fällen auf die am Ortsnetz angeschlossene Drehstrommotoren zurückzuführen sind, deren Oberwellengehalt man bereits in den Geräuschoszillogrammen deutlich erkennt (Abb. 1). Die Störungen sind elektromagnetischer Natur und sind im allgemeinen auf Gegeninduktivität zwischen geerdeten Einzelleitungen zurückzuführen, woraus man ohne besondere Schwierigkeit erkennt, daß es sich um eine Restströmung im Drehstromortsnetz handelt. Es gibt typische Beispiele, wo Drehstromortsleitungen und einzeladrige Fernmelde-Teilnehmerleitungen in enger Parallelführung verlaufen. Das ganze Leitungsbündel bildet dann ein sozusagen einheitliches Netz.

Abb. 1. Induktive Geräuschspannung einer einzeladrigen Teilnehmerleitung, die am fernen Ende geerdet ist. Eichung bei 800 Hz: 1 mm ≙ 5,6 mV.

Abb. 2. Scheinwiderstand einer typischen einphasigen Verbraucheranlage zwischen Phase und Erde.

Die Drehstrommotoren wird man als ausgeglichene Geräuschspannungsquellen bezeichnen können, d. h. die Störströme sind — ganz wie die Belastungsströme — meistens auf die Phasenleitungen beschränkt, wenn der Motor selbst nicht fehlerhaft ist. Interessant ist nun weiter, daß ein solcher Motor Restströme im Drehstromnetz hervorrufen kann auch in den Fällen, wo das ganze Netz mit den angeschlossenen Verbraucheranlagen als starkstrommäßig fehlerfrei zu bezeichnen ist.

Abb. 3. Scheinwiderstände gegen Erde einer Verbrauchergruppe.

Durch Versuche kann man feststellen, daß ein Erdfehler sehr grob sein muß, wenn Störungen in der Größenordnung, die man im allgemeinen findet, auftreten sollen. Man muß also annehmen, daß die Verbraucheranlagen selbst verantwortlich sein müssen für diese Störungen, und zwar derart, daß die einzelnen Leiter im Drehstromnetz nicht den gleichen Scheinwiderstand gegen Erde im tonfrequenten Gebiet aufweisen. Zahlreiche Messungen an Verbraucheranlagen haben ergeben, daß die mit Gleichstrom gemessenen Isolationswiderstände fast gar nicht die Scheinwiderstände im tonfrequenten Gebiet beeinflussen, wenn es sich nicht um sehr grobe Fehler handelt, was immer nur selten der Fall ist.

Abb. 2 zeigt den Scheinwiderstand zwischen Phase und Erde einer typischen Verbraucheranlage. (Der Scheinwiderstand zwischen Nulleiter und Erde ist sehr angenähert gleich groß). Diesen Scheinwiderstand wird man zweckmäßig durch ein *CR*-Diagramm darstellen, wo *R*

1) In Deutschland gibt es keine einzeladrigen Leitungen mehr!

allein durch die dielektrischen Eigenschaften des Installationsmaterials im tonfrequenten Gebiet festliegt. Viele Messungen haben ergeben, daß die Größe CR ungefähr gleich 0,4 bis $0,6 \cdot 10^{-3}\,\Omega \cdot F$ ist, unabhängig von den Isolationsverhältnissen.

Abb. 4. Scheinwiderstände gegen Erde einer Verbrauchergruppe nach dem Ausgleich.

Die Abnehmer sind im allgemeinen derart angeschlossen, daß sie größere oder kleinere Gruppen bilden, und daher liegen zwischen den Gruppen oft lange Leitungsstrecken ohne Abnehmer. Bei Modellversuchen wird man nun zeigen können, daß es möglich ist, die Restströme einer solchen Teilstrecke beträchtlich herabzusetzen, und daß es genügt zu fordern, daß die Verbrauchergruppen an den beiden Enden einer solchen Teilstrecke Scheinwiderstands-Ausgleich gegen Erde aufweisen.

Der Ausgleich wird dann derart vorgenommen, daß eine oder mehrere einphasige Verbraucheranlagen an andere Phasenleiter angeschlossen werden; schließlich ist dann in der ganzen Verbrauchergruppe der Scheinwiderstand Phase R–Erde gleich den Scheinwiderstand Phase S–Erde gleich dem Scheinwiderstand Phase T–Erde ist.

Abb. 3 zeigt die Scheinwiderstandskurven einer solchen Verbrauchergruppe, die an dem Ende einer langen Drehstrom-Ortsleitung liegt. Mit K wird eine dreiphasige Verbraucheranlage bezeichnet, mit OR eine einphasige Verbraucheranlage (Beleuchtung) zwischen Nullleitung und Phasenleitung R usw. Zum Ausgleich wurden die mit α und β bezeichneten Anlagen beide an die Phasenleitung T angeschlossen, und danach sind die Meßergebnisse der Abb. 4 ermittelt. Wie man sieht, ist der Ausgleich fast gleich gut über das ganze tonfrequente Gebiet.

Mit dem Verfahren wird also erreicht, daß Oberwellen von ausgeglichenen Geräuschspannungsquellen nicht in den langen Leitungsstrecken zwischen ausgeglichenen Verbrauchergruppen Restströme hervorrufen können. Es hat sich in der Praxis gut bewährt.

Ivar Bertelsen, Aarhus, Dänemark.

Ein einfacher Überschlags-Polaritätsanzeiger[1].

DK 621.317.711.015.52

Bei Über- oder Durchschlagsversuchen mit Wechselspannung ist es oft wichtig, die Polarität bei Eintritt des Überschlages zu kennen[2]). Zu diesem Zwecke genügt es, ein ballistisch arbeitendes Drehspulgerät oder Kriechgalvanometer über eine Kapazität C_1 (Abb. 1) an die zu untersuchende Elektrode anzukoppeln.

C_1 Koppelkapazität — F_1, F_2 Funkenstrecke, Prüfobjekt o. dergl.
C_2 Schutzkondensator — G ballistisches oder Kriechgalvanometer

Abb. 1. Schaltung des Überschlags-Polaritätsanzeigers.

Die Wirkungsweise ist folgende: Wird Wechselspannung an die Anordnung gelegt, ohne daß zunächst ein Überschlag erfolgt, so führt die Kapazität C_1 einen Ladestrom, der als Wechselstrom keinen Ausschlag des Meßgerätes hervorruft. Tritt nun z. B. im positiven Scheitelwert der Überschlag ein, so ist kurz vorher der Kondensator C_1 mit einer bestimmten Ladung, entsprechend dem Augenblickswert der Spannung an F_1, geladen. Im Augenblicke des Überschlages entlädt sich C_1 über den Lichtbogen und das Meßgerät. Der Entladestrom durchfließt das Galvanometer in der gezeichneten Pfeilrichtung und bewirkt dabei einen Ausschlag in einer bestimmten Richtung. Tritt der Überschlag bei negativer Polarität von F_1 ein, so schlägt der Zeiger des Gerätes im entgegengesetzten Sinne aus. Die Richtung des Ausschlages ist also ein eindeutiges Kennzeichen für die Polarität der Elektrode F_1 bei Eintritt des Überschlages; sie wird mit einer Stromquelle bekannter Polarität festgelegt.

Das Verfahren ist für alle praktisch vorkommenden Spannungen und Prüfverfahren anwendbar. Ein mittelempfindliches Spiegelgalvanometer braucht bei einer Lichtzeigerlänge von 1 m etwa $500 \cdot 10^{-8}$ As für 25 cm Lichtzeigerausschlag. Dann ergeben sich für verschiedene Spannungen die notwendigen Koppelkapazitäten zu:

U_{max}	kV	10	100	500	1000	(Scheitelwerte).
C_1	pF	500	50	10	5	

Diese Kapazitäten sind, verglichen mit den bei den jeweiligen Spannungen ohnehin auftretenden unvermeidlichen Kapazitäten, sehr klein. Sie können daher keine Rückwirkung auf die Meßanordnung hervorrufen. Außerdem lassen sie sich leicht behelfsmäßig verwirklichen, da ihre Größe nicht definiert zu sein braucht. Bei Untersuchungen im Hochspannungslaboratorium der Technischen Hochschule Darmstadt an einer 1 m-Kugelfunkenstrecke genügte als Koppelkapazität ein Stück Blech von 60 cm Dmr., das in Höhe der oberen Kugel in einem Abstand von etwa 5 m isoliert aufgehängt war.

Beim Überschlag tritt ein kräftiger Stromstoß und damit eine erhebliche Windungsspannung in der Drehspule auf, die u. U. zu Beschädigungen führen kann. Nötigenfalls schützt man die Spule durch eine kleine Parallelkapazität C_2.

K. Debus VDE und E. Hueter VDE.

[1]) Mitteilung aus dem Hochspannungslaboratorium der Technischen Hochschule Darmstadt.
[2]) W. Weber, Ein Polaritätsanzeiger für Wechelspannungsüberschläge, Siemens Z. 18 (1938) S. 296.

Ein neues Rangierspill.

DK 621.34 : 625.274

Das Anwendungsgebiet der Rangierspille liegt vor allem bei Bahnanlagen sowie im Werks- und Hafenbetrieb. Bei einem Rangierspill wird das Seil mit nur wenigen Windungen auf die senkrecht stehende Spilltrommel aufgewickelt, um dann wieder abzulaufen. Bei der besprochenen Ausführungsform[1]) wird im Gegensatz zu anderen Ausführungsformen, bei denen der Antrieb im Boden eingelassen wird, der Elektromotor in Flanschausführung in die Spilltrommel selbst eingebaut. Die untere Trommelerweiterung dient zur Aufnahme des Getriebekastens. Um den Motor gegen Überlastung zu schützen, ist die Kupplung als sicherwirkende Überlastkupplung ausgebildet. Diese wird so eingestellt, daß sie nach Überschreitung des zulässigen Höchstdrehmomentes rutscht. Der Arbeitsbereich des Rangierspills von rd. 100 bis 200 m kann auf 300 bis 600 m erhöht werden durch Einbau einer selbsttätigen Seilhaspel, die das von der Trommel ablaufende Seil zwangsläufig aufwickelt. Bei den ausgeführten Spillbauarten mit einer Zugkraft von 250 bis 3000 kg können die Seilgeschwindigkeiten je nach den Betriebsverhältnissen zwischen 10 bis 70 m/min gewählt werden. Bei einer Zugkraft von 10 kg/t können Wagenzüge von 25 bis 300 t Gesamtgewicht verschoben werden. *v. Mb.*

[1]) O. Suter, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 29 (1938) S. 615; 3 S., 5 Abb.

Normblatt für Klemmen von elektrischen Maschinen.

VDE-Ausschuß für Maschinen.

DK 621.313.1(083.133.1) **Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.** **Januar 1939**

Elektrische Maschinen **Klemmen** für Maschinen mit Leistungen von 1,1 bis 250 kW, bei Drehzahlen von 3000 bis 500 U/min und Spannungen bis 6 kV Elektrotechnik	**DIN** Neuentwurf 1 VDE 2960

1. Sitz.

Die Klemmen sollen in der Regel seitlich an der Maschine sitzen und zwar

a) bei Drehstrommaschinen die Ständerklemmen und
bei Gleichstrommaschinen die Klemmen für die Anker-, Reihenschluß- und Nebenschlußwicklung
von der Antriebsseite aus gesehen auf der rechten Seite der Maschine

b) bei Motorgeneratoren und Mehrmaschinensätzen stets auf der gleichen Seite.

2. Anzahl.

a) Drehstrommaschinen.
Für Leistungen bis 50 kW und Spannungen bis 380 V sind für die Ständerwicklung 6 Klemmen vorzusehen, um eine Umschaltung von Stern auf Dreieck zu ermöglichen, darüber genügen 3 Klemmen. Soll für Generatoren ohne Umschaltbarkeit von Stern auf Dreieck der Sternpunkt zugänglich sein, so ist noch eine Sternpunktklemme erforderlich.

b) Gleichstrommaschinen.
Nebenschluß- und Reihenschlußmaschinen erhalten 4, Doppelschlußmaschinen 5 oder 6 Klemmen, und zwar:
2 Klemmen für die Ankerwicklung einschließlich Wendepolwicklung
2 Klemmen für die Reihenschlußwicklung — eine davon kann bei Doppelschlußmaschinen gemeinsam mit der Anker- und Wendepolwicklung benutzt werden — und
2 Klemmen für die Nebenschlußwicklung.

3. Stufung.

Bei der Bemessung der Klemmen sind für die Durchmesser der Anschlußbolzen oder Kontaktschrauben die Normen DIN VDE 6200 oder 6206 zugrunde zu legen. Zwischenwerte sind zulässig.

4. Abstände.

Für die Luftabstände und Kriechstrecken zwischen blanken stromführenden Teilen und gegen die metallische Umgebung gelten die Vorschriften des VDE, wobei die Unterbringung normgerechter Anschlußteile, z. B. Kabelschuhe nach DIN VDE 6211 und 6220 zu berücksichtigen ist.

5. Schutzleitungsanschluß.

a) Bei Spannungen unter 1000 V ist nach VDE 0100 für den Anschluß einer Schutzleitung eine Schutzleitungsschraube vorzusehen. Sie braucht nicht größer zu sein als die Hauptklemmenschrauben. Ist ein Klemmenkasten vorhanden, so soll die Schutzleitungsschraube in diesem liegen, da die Schutzleitung mit der gleichen Sicherheit verlegt werden muß wie die Hauptleitungen (z. B. bei Drehstrom zweckmäßig als vierter Leiter im Kabel). Eine zusätzliche äußere Erdungsschraube ist in diesem Falle besonders zu bestellen.

b) Bei Spannungen von 1000 V und darüber ist nach VDE 0101 nur Schutzerdung vorgeschrieben, eine Anschlußmöglichkeit für die Erdleitung wird nicht verlangt. Werden besondere Schutzerdungsschrauben gewünscht, so müssen sie unter Angabe der Größe bestellt werden.

6. Bezeichnung.

Die Klemmen und die Schraube für den Schutzleitungsanschluß sind nach VDE 0570 „Regeln für Klemmenbezeichnungen" zu bezeichnen. Ausführung des Erdungszeichens nach DIN VDE 11 (in Vorbereitung).

7. Schutz der Klemmen.

Der Schutz der Klemmen muß dem Schutz der Maschinen nach DIN VDE 50 entsprechen.

Für Klemmen von Maschinen, die nicht in elektrischen Betriebsräumen aufgestellt werden, gilt als Mindestschutz P 20, der durch entsprechende Dichtungen in P 21 oder P 22 abgewandelt werden kann.

Schutz der Klemmen für Maschinen siehe DIN VDE 55 (in Vorbereitung).

8. Anschlußleitungen.

Die Einführungsstelle der Leitungen in den Klemmenschutzraum muß der gewählten Schutzart der Klemmen entsprechen. Bei Schutzart P 10 oder P 20 genügt ungedichtete Einführung, während bei P 21 bis P 44 eine der Schutzart entsprechende Dichtung an der Einführungsstelle möglich sein muß.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.315.21.019.33

Belastbarkeit von Kabeln für Fortleitung und Verteilung von elektrischer Energie. [Nach J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938) S. 517; 49 S., 34 Abb.]

Der von Whitehead und Hutchings veröffentlichte Bericht der British Electrical and Allied Industries Research Association gibt eine umfassende Darstellung aller zur Bemessung der Belastbarkeit von Kabeln auftauchenden Fragen. Die Verfasser behandeln hierbei eingehend die bei Wechselstrombelastung auftretenden Verluste, wie Skin- und Proximity-Effekt, Mantel- und Armaturverluste, den inneren- und äußeren Wärmewiderstand von Kabeln und geben die einschlägigen Rechnungen (Formeln), nebst zugehörigen Schrifttumhinweisen.

Das eigentlich Neue der Arbeit sind die von den Verfassern angestellten, sich über einige Jahre erstreckenden Untersuchungen über den Wärmewiderstand des Erdbodens, bzw. von verschiedenen Bodensorten. Zur Messung dient ein Apparat, bestehend aus Kupferkugeln verschiedenen Durchmessers, die in entsprechende Tiefen im Boden vergraben werden. Wichtig ist hierbei ein guter Kontakt der Oberfläche der Strahler mit dem umgebenden Erdreich. Auf den Kugeln, die einen sphärisch gewickelten Heizkörper enthalten, ist noch zur Herausführung der Zuleitungen ein Rohr mit geringer Wärmeleitfähigkeit aufgebracht. Thermoelemente, die an die Kugeloberfläche gelötet und in bestimmten Abständen von der Kugelachse im Erdboden verteilt angeordnet sind, bestimmen den Temperaturgradienten, des umgebenden Erdreichs, dessen Wärmewiderstand sich aus der Gleichung:

$$g = \frac{4\pi (T_1 - T_2)}{W\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)} \;°\mathrm{C/W/cm^3} \qquad (1)$$

errechnet, wobei T_1 und T_2 die in den Abständen r_1 und r_2 gemessenen Temperaturen sind (vom Mittelpunkt der Kugel ab gerechnet) und W die abgegebene Wärmemenge je cm² der Strahleroberfläche in Watt ist. Die Verfasser bedienen sich aus Zweckmäßigkeitsgründen einer vereinfachten Formel:

$$g = \frac{\alpha\,\Theta}{W} \;°\mathrm{C/W/cm^3}, \qquad (2)$$

wo Θ die Temperaturerhöhung der Strahler gegenüber der freien Bodenoberfläche, und α eine Apparatekonstante ist. α beträgt unter der Voraussetzung eines sphärischen Wärmeflusses $4\pi r$. Gleichung (2) ergibt somit den mittleren Wärmewiderstand des Bodens vom Strahler zur Bodenoberfläche. Die Zahlentafel 1 gibt eine Zusammenstellung der verschiedenen Meßergebnisse. Man sieht, daß sich die Messungen auf verschiedene Bodensorten erstrecken und daß noch weitere Fragen, die hier hereinspielen, bestimmt werden müssen.

Weiter behandeln die Verfasser den Einfluß der Bodenbeschaffenheit und finden, daß bei Böden mit relativ hohem prozentualem Feuchtigkeitsgehalt der Wärmewiderstand gering ist, während poröse Böden einen hohen Widerstand aufweisen. Beispiele sind Mergel-Schlick (Clay) und Sand. Lehmige Böden liegen zwischen den Grenzwerten. Viel hängt allerdings von den Bewässerungs- und Wasserabflußmöglichkeiten ab, so daß sogar Kies und Kreide, als besonders poröse Böden unter Umständen einen ebenso kleinen Wärmewiderstand wie Schlick besitzen können.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Feststellung der Verfasser, daß bei einigen Bodenarten der Wärmewiderstand mit der Jahreszeit schwankt. Im Falle Mergel-Schlick, also bei tonigem Boden ist die Schwankung im Verlauf eines Jahres unbedeutend, dagegen bei sandigem Lehm bedeutend (rd. 40 %)

Abb. 1. Jahreszeitliche Schwankung des Wärmewiderstandes einiger Bodensorten. Messungen mit der 23 cm (9″-) -Kugel.

Auffallend groß ist diese jahreszeitliche Schwankung bei sandigem Boden. Hier liegen bei einer Tiefe von 150 cm das Maximum und Minimum bei 180 und 90, also 100% auseinander, was in zweijähriger Beobachtung sich wiederholte (Abb. 1). Allgemein fallen die niederen Werte in das Frühjahr und die hohen in den Herbst. Solche Schwankungen sind nach den Verfassern wahrscheinlich auf Wechsel im Feuchtigkeitsgehalt der Böden zurückzuführen. Es scheint, daß hohe Wärmewiderstandswerte in solchen Zeiten auftreten, wo der Feuchtigkeitsgehalt niedrig ist und die Bodentemperaturen hoch, doch fallen die Grenzwerte des ersteren nicht notwendigerweise mit denen der letzteren zusammen. Bei Sand scheint nach den Messungen der Verfasser die Schwankung des Feuchtigkeitsgehaltes in einer Tiefe von 90 cm auf den Wärmewiderstand von geringerem Einfluß zu sein, als eine relativ geringere Schwankung in einer Tiefe von 150 cm.

Weiter wird der Einfluß der Erdbodentiefe auf den Wärmewiderstand untersucht. Doch lieferten die Messungen hierfür keine eindeutigen Ergebnisse. Die Verfasser vergleichen festen

Zahlentafel 1. Wärmewiderstand einiger Bodensorten.

Bodenart	Apparat	Tiefe cm	Datum	Leistung W	Temp. d. Strahlers °C	Temp. d. Bodens °C	Wärmewiderstand in °C/W/cm³ an verschieden entfernten Punkten: Abst. 150 mm v. Kugeloberfl.	zwischen 150 u. 600 mm	von Kugel b. Oberfl.
Sand	230 mm	140	Sept. 34	26	46,7	13,9	386	132	184
	Kugel	140	Mai 36	25	24,6	7,5	165	83	103
	80 mm	150	Sept. 35	11	69,2	15,0	—		229
	Kugel	150	Mai 36	11	33,0	7,5	—	—	109
Mergel-Schlick (Clay)	230 mm Kugel	180	Mai 34	91	39,8	7,4	82	46	52,3
	80 mm Kugel	180	Mai 34	51	70,1	9,6	—	—	56,9
	80 mm Zylinder	180	April 35	132	64,8	7,6	—	—	55,5
	50 mm Zylinder	180	Okt. 36	10	ΔT 6,3		—	—	52,8
Lehm über Sand u. Kies	230 mm	90	Mai 31	—	—	—	—	65	—
	Kugel		Dez. 31	—	—	—	—	85	—

Schlickboden mit festem Sand und finden, daß der Wärmewiderstand in Tiefen von 180 cm größer war als in 300 cm Tiefe und führen diese Erscheinung auf Unterschiede in der Wattdichte an der Kugeloberfläche zurück. *itt.*

DK 621.316.925.014.3

Schutz mit kürzesten Auslösezeiten zur Aufrechterhaltung des Betriebes bei Kurzschlüssen. [Nach T. W. Ross und C. Ryder, J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938) S. 228; 15 S., 24 Abb.]

Zunächst werden die Verhältnisse angegeben, die eine schnellste Abschaltung fehlerhafter Anlageteile in großen Netzen erforderlich machen. Zur Vermeidung von Pendelungen ist eine Abtrennung nach höchstens 0,25 s nötig. Angeschlossene Motoren sollen möglichst in Betrieb bleiben. Solche Motoren erhalten als Schutz Drehfeldscheider, die bei Kurzschlüssen ansprechen, dagegen nicht bei Lastschwankungen. Unterspannungsrelais sind zu verzögern, um unnötige Abschaltungen zu vermeiden.

Um kürzeste Auslösezeiten zu erhalten, sind Schalter mit Eigenzeiten von 0,12 bis 0,16 s erforderlich. Richtungsrelais erhalten Unempfindlichkeitsschaltungen, die die Empfindlichkeit bei voller Netzspannung herabsetzen.

Bei Stromdifferentialrelais wird zur Vermeidung von Fehlauslösungen bei Fehlern außerhalb des Schutzbereiches die Empfindlichkeit mit wachsendem Durchgangsstrom erhöht. Zur Vermeidung des Einflusses der Kapazität, die bei den kurzen Auslösezeiten nicht außer Acht gelassen werden darf, werden diese Relais auch durch die Frequenz beeinflußt.

Der Einfluß des Einschaltstromes von Umspannern wird durch gleichzeitige Verwendung von Relais mit kleinem Ansprechwert aber höherer Auslösezeit sowie Relais mit höherem Ansprechwert aber kleiner Auslösezeit ausgeschlossen.

Beim Richtungsvergleichschutz wird zur Verhinderung der Auslösung bei Pendelungen eine einmal eingetretene Sperrung eine Zeitlang festgehalten. Ein besonderer für die Erhaltung kürzester Auslösezeiten verwendeter Richtungsvergleichschutz wird beschrieben, der mit Hilfsadern oder mit Trägerstrom verwendet werden kann.

Bei Verwendung von Impedanz-Stufenschutz wird die Spannungsspule über Gleichrichter gespeist, um die Änderung des Leistungsfaktors während des Ausgleichsvorganges unwirksam zu machen. Mit diesem Schutz können 75% der Leitungen mit Kurzzeit abgeschaltet werden. Um auch die restlichen 25% mit erfassen zu können, wird die erste Stufe wie beim Richtungsvergleichsschutz von der Stellung der Richtungsrelais an beiden Enden des geschützten Anlageteiles abhängig gemacht. *Ttz.*

DK 621.316.1.001.1

Eignung des Helmholtz'schen Satzes (Theveninschen Theorems) für die Netzwerkbehandlung. [Nach E. L. Harder, Electr. J. 35 (1938) S. 397; 4½ S., 7 Abb.]

Bei dem in Deutschland unter der Bezeichnung „Helmholtzscher Satz" bekannten Theorem, das bereits vor mehreren Jahrzehnten bekannt gegeben wurde[1]), erfolgt die analytische Lösung verwickelterer Schaltungen durch Zurückführung auf eine einfache Reihenschaltung von einer einzigen EMK mit einem Ersatzwiderstand, deren Werte aus Kurzschluß- und Leerlaufbetrachtungen ermittelt werden können. E. L. Harder zeigt an Beispielen die Vorteile des Théveninschen Theorems für die Netzwerkbehandlung, indem er Ersatzschaltungen und vergleichsweise Rechnungen mit Umläufen nach dem Kirchhoffschen Gesetz anstellt. Nach dem einfachen Beispiel eines Gleichstromkreises mit Verzweigungen wird die Ersatzschaltung eines allgemeinen Vierpoles behandelt, in dem alle elektromotorischen Kräfte die gleiche Frequenz haben. Für den Fall zweier parallel arbeitender Generatoren werden gleichfalls Ersatzschaltung und Werte für die resultierende EMK bzw. Z bestimmt. Weiter werden Schaltungen und Ersatzwerte für die Regelung eines gittergesteuerten Gleichrichters, für dreiphasige Netzwerkfilter sowie für die Reihen-Parallelschaltung von Stromwandler- mit Relaiskreis behandelt und Hinweise für Belastungs- und Kurzschlußkreise gegeben. Zum Schluß der Arbeit, die an den gegebenen Beispielen die Vorteile und Rechnungsvereinfachungen durch Anwendung des Helmholtzschen Satzes herausarbeitet, wird ein Anschauungsbeweis für das Theorem gebracht. *Tsch.*

[1]) s. L. Thévenin C. R. Acad. Sci., Paris 97 (1883).

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 537.228.1 : 621.317.361.082.73

Schwingungsmesser mit Seignettesalz. [Nach R. K. Hellmann, Arch. techn. Messen (1938) J 766—1; 4 S., 9 Abb.]

Die praktische Verwendbarkeit der Seignettesalzkristalle wird eingeschränkt durch ihre geringe mechanische Festigkeit, eine starke Temperatur- und Feuchtigkeitsabhängigkeit der piezoelektrischen Erscheinungen und die Tatsache, daß die Kristalle nur in engen Grenzen linear arbeiten. Konstruktive und schaltungstechnische Maßnahmen zur Beseitigung dieser Nachteile und Anwendungsmöglichkeiten im Gebiet der Meßtechnik beschreibt R. K. Hellmann. Für praktische Zwecke werden fast immer mehrere Platten zu einem Kristallaggregat (Abb. 2a) vereinigt; diese Maßnahme

a Kristallaggregat
𝔄, ℭ Kristallachsen
𝔅 elastische Blöcke zum Klemmen der Ecken
𝔓 Kristallplatten
ℨ Zinnfolien

b techn. Schwingungsmesser
K Klaviersaiten
S Metallstift
U Leichtmetallschiene
V Versteifung

Abb. 2. Schwingungsmesser mit Seignettesalz.

bezweckt eine Verminderung der nichtlinearen Verzerrungen. Unter dem Einfluß eines Wechselfeldes verformt sich das Plattenpaket sattelförmig. Klemmt man drei Ecken fest, so führt die vierte Ecke hin und her gehende Bewegungen aus. Die technische Ausführung eines solchen piezoelektrischen Meßwerkes zeigt Abb. 2b. Zur Vergrößerung der Bewegung der freien Kristallecke ist hier eine Hebelanordnung, bestehend aus einer U-förmigen Leichtmetallschiene *U* mit einer Versteifung *V* aus Preßstoff, die im Drehpunkt über zwei angeschweißte Klaviersaiten *K* gelagert ist, eingeführt. Zunächst wurde ein Zweifachtintenschreiber gebaut. Die Kapazität eines jeden Kristallaggregates betrug 0,5 μF, das Übersetzungsverhältnis der Hebelanordnung 1 : 100. Mit diesem Aufbau ließen sich Effektivspannungen bis zu 100 V messen. Bei Vollausschlag betrug die Auslenkung der freien Kristallecke 0,1 mm entsprechend einer Schreibfederabweichung um 10 mm aus der Ruhelage und einem Leistungsaufwand von 2 W bei 60 Hz. Die höchste mit Schreibern dieser Art erreichbare Eigenfrequenz wird mit 90 Hz angegeben; der Dämpfungsgrad liegt zwischen 0,6 und 0,7. Der Papiervorschub ist beim piezoelektrischen Schnellschreiber sehr groß, etwa 75 mm/s, um die hohe Empfindlichkeit des Kristalls einigermaßen ausnutzen zu können. Verwendung kann das Gerät als Störungsschreiber in Starkstromnetzen und zur Lautstärkeaufzeichnung bei der Messung von Verkehrsgeräuschen finden. Versuche haben ferner gezeigt, daß auch Elektrokardiogramme vom Piezoschreiber formrichtig wiedergegeben werden. Zur Aufzeichnung mechanischer Schwingungen sind bei Verwendung von Doppelkristallen der beschriebenen Art noch besonders empfindliche Umwandler gebaut worden, bei denen der Kristall entweder durch Übertragung der zu messenden Bewegungsvorgänge mittels eines Kontaktzapfens oder seinen Massenkräften folgend verformt wird. Die Empfindlichkeit der Umwandler der ersten Art betrug 7 V/mm und war bis 600 Hz innerhalb ± 15 %

konstant; sie stieg dann bis 4000 Hz an, um weiterhin wieder abzunehmen; qualitative Messungen waren noch bei 7000 Hz möglich. Die Kapazität der Kristallanordnung wird zu etwa 5 pF bei 25° C und 1,5 pF bei 40° C, der Wirkwiderstand zu $w \geqq 10$ MΩ angegeben. Dieser Schwingungsaufnehmer läßt sich u. a. auch als Stethoskop besonders für Lungengeräusche verwenden. Bei den Umwandlern der zweiten Art läßt sich die auftretende EMK aus der Formel $E = K A \nu^2$ berechnen, wo A die beobachtete Amplitude, ν deren Frequenz und K der auf diese bezogene Empfindlichkeitsfaktor ist. Die Mitte des praktisch meßbaren Frequenzbereiches liegt bei 500 Hz; bei 0,025 mm Auslenkung ist hierbei die erzeugte Effektivspannung 2 V. Anwendung kann diese Art von Schwingungsaufnehmern als Zeitwaage in Uhrenfabriken finden; ein Ausführungsbeispiel veranschaulicht Abb. 3. Das Tickgeräusch

A Aluminiumrahmen
F Fühlstift
K Kristalle
P Prüfling

Abb. 3. Tickgeräuschmesser.

einer Armbanduhr wird hier über einen Fühlstift auf einen drehbar gelagerten Aluminiumrahmen, der einen im Schwerpunkt gelagerten Doppelkristall trägt, übertragen. Der Kristall hat eine Eigenfrequenz bei 3000 Hz, da die Hauptfrequenz des Tickgeräusches in dieser Gegend liegt, und verformt sich unter dem Einfluß seiner Massenkräfte, wenn die Trägerplatte erregt wird. Das auf solche Weise umgeformte Tickgeräusch wird verstärkt; die verfügbaren Spannungen werden zur Zündung von Stromtoren verwertet; der Endzweck dieser Maßnahmen ist die Ermöglichung eines objektiven Vergleiches serienmäßiger Uhren mit einer Normaluhr. *E. C. M.*

DK 621.314.224.3.019.3.001.5

Änderung der Fehler von Stromwandlern durch Abschalten des Primärstromes. [Nach W. Bähre, Phys. Z. 39 (1938) S. 623; 9½S., 12 Abb.]

W. Bähre berichtet, daß es heute keine Schwierigkeiten mehr bereitet, Präzisions-Stromwandler zu bauen, deren Übersetzungsfehler nicht mehr als ± 0,01% und deren Winkelfehler nicht mehr als ± 1' (bezogen auf eine bestimmte Bürde und eine Belastung von 10 bis 120% des Nennstromes) betragen. Die Wandlerprüfverfahren konnten in den letzten Jahren so verfeinert werden, daß mit ihnen eine Meßgenauigkeit von 0,01% und 0,3' auch beim 0,1fachen des Nennstromes erzielt werden kann. Voraussetzung ist allerdings, daß bei der Messung größte Sorgfalt waltet, und daß der Prüfling vorher sorgfältig entmagnetisiert wird. Eine geeignete aus Schieberwiderständen zusammengestellte Entmagnetisierungseinrichtung wird angegeben.

Der Verfasser untersucht die Frage, inwieweit die Fehler von verschiedenen Stromwandlertypen durch das Abschalten beim 1,2-fachen Nennstrom infolge verbleibender Restmagnetisierung geändert werden können. Ein derartiges Abschalten geschieht in der Praxis häufig, und die Frage ist somit für Entwicklungsarbeiten, Vergleichs- und Kontrollmessungen, die oft von verschiedenen Personen ausgeführt werden müssen, von praktischer Bedeutung. Das angewandte Meßverfahren besteht darin, daß die Wirk- und Blindkomponente des Leerlaufstromes eines Prüflings abhängig von der sekundären EMK erstens nach dem Entmagnetisieren und zweitens nach dem Abschalten bei 1,2 I_n mit der Meßwandlerprüfeinrichtung nach Hohle bei verschiedenen Abschaltphasen zwischen 0 und 360° gemessen werden. Die so festgestellten Änderungen der Komponenten des Leerlaufstromes sind ein Maß für die Fehleränderung des Stromwandlers durch das Abschalten, deren absolute Größe dann mit Hilfe des Möllinger-Gewecke-Diagrammes in Abhängigkeit von der Phasenverschiebung der Bürde bestimmt wird.

Die Fehleränderung tritt praktisch in allen Abschaltphasen mit gleicher Größenordnung auf. Der festgestellte Abschalteinfluß erstreckt sich jedoch nur auf die Fehleränderung bei kleinen Stromstärken (bis etwa 0,5 I_n). Sie ist teilweise sehr erheblich, und beträgt z. B. bei einem Wandler der Klasse 0,5 bei 0,1 I_n und der Nennbürde von 15 VA bis zu 0,65 % und + 18,6', je nach dem Phasenwinkel der Bürde.

Solche Abschalt-Fehleränderungen vermeidet man am besten, wenn man die Stromwandlermessungen stufenlos in der Reihenfolge von 1,2 I_n nach 0,1 I_n vornimmt, da auf diese Weise die Wandler selbsttätig entmagnetisiert und nur bei Strömen gleich 0,1 I_n abgeschaltet werden.

Schließlich empfiehlt der Verfasser, die Normalstromwandler der Prüfeinrichtungen nur als „natürliche" Wandler (Wandler ohne Kunstschaltungen) auszuführen, da diese Bauweise den geringsten Abschalteinflüssen unterliegt.

Die Untersuchungen des Herrn Bähre berechtigen zu der Annahme, daß betriebsmäßige Abschaltungen in Netzen bei den Stromwandlern auch erhebliche Fehleränderungen hervorrufen können. Bei Kurzschlußabschaltungen dürften danach die Fehler noch größer werden, insbesondere dann, wenn die Kurzschlüsse in der Nähe der Kraftwerke auftreten, wo das Gleichstromglied sich nahezu ungedämpft ausbilden und seinerseits die Remanenzwirkung verstärken kann. Große Kurzschlußströme können die Meßgenauigkeit der Wandler noch dadurch beeinträchtigen, daß sie u. U. Windungsschlüsse herbeiführen oder ein Verschieben der Sekundärwicklung gegen die Primärwicklung durch axiale Schubkräfte hervorrufen, wodurch sich die Streuverhältnisse der Wandler verändern. Hierauf wurde schon an anderer Stelle hingewiesen[1]).

Über die möglichen Fehleränderungen der Wandler tröstet man sich in der Praxis gewöhnlich mit der Begründung, daß die Remanenzerscheinungen mit der Zeit ihre nachteilige Wirkung auf die Wandler-Meßgenauigkeit verlieren, weil im Betrieb die Lastströme im weiten Bereich ihre Größe ändern und dadurch entmagnetisierend wirken.

Messungen, die von A. Rauche an 28 Stromwandlern älterer und verschiedener Bauart an ihrem Betriebsort ausgeführt wurden, zeigten allerdings, daß einige davon erhöhte Fehler aufwiesen[2]). Es ist zu vermuten, daß diese Wandler erhebliche Kurzschlussströme geführt haben.

Nicht ausreichend erforscht ist auch der Einfluß der Remanenz auf die Meßgenauigkeit der Stromwandler, der durch ungewollte oder gewollte Unterbrechung des Sekundärkreises entsteht.

Es wäre sehr zu begrüßen, wenn berufene Stellen, wie die PTR, die Prüfämter, die Hochschulen u. dgl. Untersuchungen über die noch offenen Fragen ausführen würden, damit endlich an Stelle der Mutmaßungen sichere Erkenntnisse treten.

M. W.

DK 621.319.53.027.7

Stoßspannungsanlagen. [Nach W. Hondius Boldingh, Philips techn. Rdsch. 3 (1938) S. 302; 7 S., 6 Abb.]

Der Verfasser beschreibt Stoßanlagen, die durch Verwendung einheitlicher Bauteile in der bekannten Säulenbauart nach der von Erwin Marx angegebenen Vervielfachungsschaltung aufgebaut werden können. Die hohe Belastbarkeit der Kondensatoren, die für eine höchste Betriebsspannung von 200 kV und eine Kapazität von 0,125 μF, also einen Arbeitsinhalt von 2500 Ws, nur 48 cm Länge und 30 cm Dmr. aufweisen, gestattet einen gedrängten Aufbau. Die Widerstände sind bei den großen Energieinhalten der Stoßanlagen nicht Flüssigkeits-, sondern Drahtwiderstände geringer Selbstinduktion.

Die Stoßanlagen sind umschaltbar, so daß unter Beibehaltung des Gesamtenergieinhaltes die Hälfte und ein Viertel der Vollspannung als Betriebsspannung gewählt werden kann. Für die Umschaltung ist der eine Pol der Marxschen Zwischenfunkenstrecken als Schaltarm ausgebildet. Die Zwischenfunkenstrecken werden gemeinsam durch einen Hilfsmotor verstellt, die Trennfunkenstrecke zwischen Stoßanlage und Prüfling wird getrennt betätigt.

Eine Anlage für 4000 kV Nennspannung mit 20 Stufen, umschaltbar auf 2000, 1000 und 200 kV bei einer Gesamtenergie von 80 kWs bei 4,2 t Gewicht, hat eine Höhe von nur 9 m bei einer erforderlichen Mindestraumhöhe von 14 m. *H. M.*

Lichttechnik.

DK 621.32.062 : 621.876

Neue Lichtschaltung für Personen-Aufzüge. [Nach Kurt Pieck, Fördertechn. 31 (1938) S. 291; 3 S., 1 Abb.]

Führeraufzüge, Selbstfahrer und Umstellaufzüge müssen so eingerichtet sein, daß die in ihnen angebrachten Leuchten entweder dauernd eingeschaltet sind oder erst mit dem Öffnen der Fahrschachttür selbsttätig und so lange aufleuchten, wie der Aufzug benutzt wird. Neben den bekannten Sicherheits-

[1]) M. Walter, Strom- und Spannungswandler, S. 132 u. 133. München R. Oldenbourg 1937.

[2]) A. Rauche, Erfahrungen bei der Nachprüfung von Meßwandlern am Betriebsort, Elektrizitätswirtsch. 37 (1938) S. 530.

einrichtungen einer Türverriegelung gilt es als zusätzliche Sicherheit, wenn sich der Aufzugbenutzer daran gewöhnt, nur den beleuchteten Fahrkorb zu betreten.

Für Selbstfahrer ist die Beleuchtung einwandfrei gelöst. Lichtkontakte schalten beim Öffnen der Tür das Licht ein, und ein beweglicher Fußboden im Fahrkorb bewirkt mit Hilfe eines weiteren Kontaktes, daß beim Schließen der Tür von innen das Licht weiterbrennt. Das Licht brennt dann so lange, wie der Fahrkorbfußboden belastet ist. Beim Verlassen des Fahrkorbes übernimmt die geöffnete Schachttür wieder das Schließen des Lichtstromkreises, so daß das Licht erst erlischt, wenn der Fahrkorb leer ist und die Schachttür geschlossen wird. Führeraufzüge und Umstellaufzüge können diese Schaltung nicht anwenden, weil sie keinen beweglichen Fußboden haben und auch wegen der großen Ladefähigkeit solcher Aufzüge (Selbstfahrer werden nur für 6 Personen gebaut) nicht gut anordnen können.

Bei Führeraufzügen wird der Lichtschalter entweder im Maschinenraum oder an der Schachttür, an der der Aufzug meistens abgestellt wird, oder in Wechselschaltung an allen Schachttüren angeordnet. Der Schalter im Maschinenraum ist wohl die ungünstigste Anordnung. Das Licht brennt dauernd, auch wenn der Aufzug nicht benutzt wird. Die Folge davon ist, daß der Aufzugführer, um unnötigen Stromverbrauch zu vermeiden, die elektrische Lampe in ihrer Fassung locker dreht und dadurch das Licht ausschaltet. Diese sehr verbreitete Art des Ein- und Ausdrehens der Fahrkorbbirne von Hand hat häufig zu Unfällen geführt, indem der Aufzugführer bei Versagen der Türverriegelung in den Schacht stürzte; denn der Anblick des finsteren Schachtes machte den Aufzugführer nicht mehr stutzig, da er sich daran gewöhnt hatte, den unbeleuchteten Fahrkorb zu betreten.

L Leuchte
Li Lichtrelais
St Leitung zu den Steuerapparaten
T Türkontakt

Abb. 4. Schaltung für die Fahrkorbbeleuchtung.

Die Erfahrung lehrt, daß ein Lichtschalter im Fahrkorb zweckmäßig ist, besonders bei Außen-Aufzügen, die am Tage kein künstliches Licht benötigen. Nur wenn der Aufzug nach dem Kellergeschoß fährt, wird Licht gebraucht und, wie schon erwähnt, durch Drehen der Birne eingeschaltet, da man bisher einen Schalter im Fahrkorb für unzulässig erachtete. Denken wir uns, jede Tür sei mit einem Lichtkontakt ausgerüstet ähnlich den Selbstfahrern. Im Fahrkorb befinde sich ein Lichtschalter, der mit den Lichtkontakten parallel arbeitet und dessen Stellung „Ein" und „Aus" deutlich gekennzeichnet ist. Sofort beim Öffnen der Schachttür flammt das Fahrkorblicht auf, der Aufzugführer betritt den beleuchteten Fahrkorb und schaltet den Lichtschalter auf „Ein". Beim Schließen der Tür brennt dann das Licht weiter. Das Einschalten des Lichtes während der Fahrt hängt hier genau so von der Willkür des Aufzugführers ab wie bisher. Nur beim Betreten und Verlassen des Aufzuges brennt das Fahrkorblicht auf jeden Fall. Das sind aber gerade die Augenblicke, in denen die meisten aller Aufzugunfälle entstehen; gerade dann muß der Fahrkorb strahlend hell erleuchtet sein. Weil bei der bisherigen Anordnung das Licht dauernd brennen mußte, findet man in Aufzügen häufig eine schwache, ganz unzureichende Beleuchtung. Bei der eben beschriebenen Schaltung könnten hochkerzige Lampen wirtschaftlich verwendet werden, da sie nur dann leuchten, wenn es unbedingt notwendig ist — beim Öffnen der Türen — und während der Fahrt nur dann, wenn es nach Ansicht des Aufzugführers erforderlich ist, wenn z. B. bei Fahrten nach dem Kellergeschoß das Tageslicht nicht mehr ausreicht.

Die Ausführung dieser Schaltung ist wegen der vielen Türkontakte und der dazugehörigen Leitungen kostspielig. Ein Lichtrelais macht Leitungen und Kontakte im Schacht überflüssig. Die Schachttüren sind meistens schon mit Kontakten den sogenannten Türkontakten, ausgerüstet, die bei geöffneter Tür den Steuerstromkreis unterbrechen. Schaltet man nun die Lichtspule hinter dem letzten Türkontakt zwischen Türkontaktleitung und Nulleiter, dann wird der Anker der Spule beim Öffnen jeder beliebigen Schachttür abfallen und das Licht einschalten; beim Schließen der Tür wird der Anker wieder hochspringen und das Licht ausschalten. Die Lampe *L* kann, wie die Abb. 4 zeigt, auch durch den im Fahrkorb befindlichen Schalter eingeschaltet werden, indem man den Stromkreis der Ankerspule unterbricht. *eb.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.39.001.6(091)

Fünfzig Jahre Forschung auf dem Gebiete der Fernmeldetechnik.

Im Oktober 1938 blickte das Reichspostzentralamt (RPZ) auf sein 50jähriges Bestehen zurück, obwohl diese Bezeichnung „RPZ" erst später verliehen wurde, denn im Oktober 1888 nannte sich die damals um die Weiterentwicklung der Fernmeldetechnik bemühte Stelle noch „Telegraphen-Ingenieurbüro". Auch dieses konnte schon auf Vorläufer zurückblicken. Mit dem Übergang von der optischen zur elektrischen Telegraphie um die Mitte des vorigen Jahrhunderts mußten für die neuen Anlagen die Bedienungskräfte besorgt und ihre sachgemäße Ausbildung sichergestellt werden. Mit der Bildung eines Lehrkörpers waren unzertrennbar verbunden das Forschen nach den Zusammenhängen von Ursache und Wirkungen der mannigfachen, neuen und meist noch ungeklärten Erscheinungen bei der Verwendung des elektrischen Stromes für den Nachrichtendienst.

Für die Ausbildung des Personals wurde bereits 1859 zu Berlin die „Telegraphenschule" errichtet. Als Ziel hatte man sich gesteckt, daß jeder Beamte fähig sein sollte, selbständig nicht nur die Einrichtung neuer Telegraphenanstalten zu bewirken, sondern auch die Ursachen etwa eintretender Betriebsstörungen zu erforschen und ermittelte Fehler sachgemäß zu beseitigen. Das setzte aber gute Lehrkräfte voraus, die sich im Betriebe die Handgriffe erworben und durch Studium die Zusammenhänge erarbeitet hatten. Die steigende Zahl des Betriebspersonals erlaubte bald nicht mehr, alle Kräfte nach Berlin zur Ausbildung zu schicken, so daß man 1873 die Ausbildung des Nachwuchses den Verkehrsanstalten überließ.

Dem Leiter der Telegraphenschule lag auch ob, Gutachten über technische Angelegenheiten abzugeben. Das bedingte, daß man sich Versuchsräume zulegte, daß sich der Lehrtätigkeit allmählich eine Forschungsarbeit angliederte. Die durch den steigenden Verkehr bedingte Entwicklung leistungsfähigerer Apparate und Schaltungen (Hughes, Baudot, Wheatstoneapparat, Gegensprech- und Mehrfachschaltungen) und die in allen Ländern einsetzende Verkabelung der Freileitungen brachte auch der Telegraphenverwaltung des neu gegründeten Reiches eine Fülle von Aufgaben, die u. a. im „Kabeluntersuchungszimmer" bearbeitet wurden, das mit dem Ausbau des deutschen Guttaperchakabelnetzes um 1877 entstand und von einem Telegrapheningenieur geleitet wurde. Dieses Kabeluntersuchungszimmer war im Gebäude des damaligen Generaltelegraphenamtes und späteren Haupttelegraphenamtes in der Französischen Straße untergebracht. Der Leiter dieser Dienststelle hatte die oberste Behörde in technischen Angelegenheiten zu beraten.

Seit 1878 hatte man für die Berliner Beamten Winterlehrgänge im Gebäude Oranienburger Straße Ecke Artilleriestraße eingerichtet. Der Aufgabenkreis dieser Schuleinrichtungen wuchs dauernd: Es kam um 1878 das Fernsprechen hinzu, auch die Starkstromtechnik blühte auf und fand „Berührungspunkte" mit der Schwachstromtechnik. Bald mußte man von der bisher geübten vorwiegend prüfenden und sichtenden Tätigkeit abgehen und sich an der Forschung und der Entwicklung der Fernmeldetechnik beteiligen. Diese Maßnahmen zeigten sich in den erhöhten Mittelzuweisungen im Haushalt und in der Gründung der „Post- und Telegraphenschule". Aber nicht nur der Schulbetrieb wurde ausgebaut, auch der auf Forschung und Vervollkommnung der Einrichtungen gerichtete Dienst der Telegrapheningenieure mußte in eine neue Form gebracht werden. Die Räume des Kabeluntersuchungszimmers reichten für den Lehr- und Forschungsbetrieb nicht mehr aus, so daß man Räume in der Oranienburger Straße bereitstellte und dort das „Telegraphen-Ingenieur-Büro" errichtete und vor 50 Jahren eröffnete.

Das neue Telegraphen-Ingenieur-Büro wurde dauernd ausgebaut und für die Forschung und den Schulbetrieb hergerichtet. Der Aufgabenkreis dieser Stelle umfaßte die wissenschaftliche Arbeit für die Bedürfnisse der ganzen Behörde. Das Schwergewicht lag auf dem wissenschaftlichen Versuch. Ein reicher Materialpark wurde bereitgestellt, auch ein chemisches Laboratorium gehörte dazu. Das Ergebnis der wissenschaftlichen Forschung und die Betriebserfahrungen wurden damals

in der ETZ veröffentlicht, da ein nur der Fernmeldetechnik gewidmetes Organ noch nicht bestand. Die Leiter dieser Anstalt wurden mehrfach zum Vorsitzenden des damaligen Elektrotechnischen Vereins gewählt.

Der Raumbedarf wuchs, er konnte mit der Verlegung nach der Königgrätzer Straße 20 erfüllt werden. Weitere Aufgaben traten im nächsten Jahrzehnt hinzu, so daß sich mit dem größeren Aufgabenkreis eine Namensänderung als nötig erwies: Das „Telegraphen-Versuchsamt" trat am 1. 4. 1899 an die Stelle seines Vorgängers[1]).

Nach Beendigung des Weltkrieges mußte zu einer Zusammenlegung verschiedener Zweige der Fernmeldetechnik geschritten werden, um einen strafferen und einheitlicheren Aufbau zu erzielen, der sich bei dem erweiterten und veränderten Aufgabenkreis als nötig erwiesen hatte. Die Telegraphen-Apparatwerkstatt des Reichspostministeriums, das Funkbetriebsamt, das Telegraphen-Versuchsamt usw. wurden am 1. 10. 1920 zum „Telegraphentechnischen Reichsamt" (TRA) zusammengelegt, das seine Bezeichnung am 20. 2. 1928 änderte in die noch heute gültige Form „Reichspostzentralamt" (RPZ).

So führen die Wurzeln der heute im RPZ betreuten Arbeitsgebiete zurück zu obengenannten Urzellen; diese Zellen sind mit dem Fortschreiten der Technik gewachsen und enden heute in gemeinsamer Tätigkeit im RPZ, der technischen Betreuungsstelle des Fernmeldewesens der Deutschen Reichspost, von der unlängst die „Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost" abgetrennt wurde. Dieser Forschungsstelle sind besondere Aufgaben auf dem Gebiete des Fernmeldewesens zugefallen, so insbesondere die Entwicklung des Fernsehens und der Hochfrequenztechnik. *Ptn.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 537.315 : 621.385.1.012

Der Einfluß des Kontaktpotentials auf die Kennlinie von Empfänger- und Senderöhren. [Nach B. Gysae u. S. Wagener, Z. techn. Phys. 19 (1938) S. 264; 5 S., 4 Abb.]

Immer wieder wird die Ansicht vertreten, daß die Lage der Kennlinie einer Elektronenröhre von der Größe des Kontaktpotentials, also der verschiedenen Austrittsarbeiten abhängig sei. Demgegenüber wird in der vorliegenden Arbeit der Beweis dafür geliefert, daß die Lage der Kennlinie unabhängig von der Größe der Austrittsarbeit der Kathode ist.

Im Anlaufstromgebiet hat schon Davisson 1924 die Unabhängigkeit der Lage der Kennlinie von der Kathodenaustrittsarbeit nachgewiesen. Für die vorliegenden Rechnungen wird der Ansatz gemacht, daß der Elektronenstrom ein Bruchteil des spezifischen Sättigungsstroms betrage, dessen Größe durch eine e-Funktion gegeben ist. In ihrem Exponenten stehen neben Konstanten die Temperatur der Kathode und die zwischen Kathode und Anode wirkende Gegenspannung. Diese ist gleich der angelegten Spannung vermehrt um das Kontaktpotential, wobei dieses, wie bekannt, gleich der Differenz der Austrittsarbeiten der Kathode und Anode ist. Bei Berücksichtigung dieser Beziehungen und außerdem der Richardsonschen Gleichung ergibt sich eine Endformel für den Anlaufstrom, in der die Kathodenaustrittsarbeit nicht mehr vorkommt.

Für das Raumladungsstromgebiet haben Langmuir, Schottky und andere Ansätze für den spezifischen Elektronenstrom gemacht, mit denen sich in besonderer Rechnung schließlich für den spezifischen Raumladungsstrom eine implizite Gleichung ergibt, in der die Austrittsarbeit der Kathode ebenfalls nicht mehr enthalten ist. Das Ergebnis der Rechnungen läßt sich gut veranschaulichen, wenn man die Potentialverteilung in beiden Gebieten aufzeichnet.

Diese Überlegungen lassen sich auch experimentell beweisen. Zunächst wurde die Gültigkeit der abgeleiteten Formel für den Raumladungsstrom nachgewiesen. Die Raumladungskennlinie wurde an Zweielektrodenröhren für verschiedene Temperaturen in einem bestimmten gleichbleibenden Strombereich gemessen. Wegen der Schwierigkeiten der Feststellung der geometrischen Abmessungen wurde ein Vergleichsverfahren gewählt. Es wurde die Verschiebung der Kennlinie bei Veränderung der Temperatur gegen eine Kennlinie fester Temperatur bestimmt und die gleiche Verschiebung nach der Gleichung berechnet. Die Röhren besaßen eine austauschbare Kathode, die entweder aus einem unmittelbar geheizten Wolframdraht oder einer mittelbar geheizten Oxydkathode bestand. Der Wolframdraht wurde wie üblich mit unterbrochenem Strom geheizt und der Emissionsstrom nur in den Pausen gemessen. Die optisch gemessene Temperatur wurde mit Benutzung von veröffentlichten Werten für das Absorptionsvermögen auf die wahre Temperatur umgerechnet. Das Ergebnis der Messungen war für Wolfram eine sehr gute Übereinstimmung mit der Rechnung. Eine etwas größere Abweichung beim Oxyd wurde durch die Schwierigkeit erklärt, eine konstante Austrittsarbeit der Anode zu erhalten, da diese durch Bedampfen mit Oxyd eine andere Oberfläche erhält. Außerdem stimmt auch noch die Größe der emittierenden und der geometrischen Oberfläche nicht überein. Nach den Messungen wirkt eine Temperaturänderung auf die Kennlinie nicht sehr stark ein.

[1]) ETZ 33 (1912) S. 566; 34 (1913) S. 1161, 1200.

Zur Prüfung des Einflusses der Kathodenaustrittsarbeit wurde eine Röhre verwendet, bei der die Oberfläche der Kathode durch Bedampfen mit Oxyd geändert werden konnte. Diese Röhre besaß als Kathode einen Wolframdraht und als Anode eine mittelbar geheizte Oxydkathode. Nach der Aufnahme der Kennlinie wurde das Oxyd stark geheizt, wobei sich eine dünne Bariumschicht auf dem Wolfram niederschlug, die naturgemäß die Austrittsarbeit stark herabsetzte. Nun wurde abermals die Kennlinie aufgenommen. Es zeigte sich, daß tatsächlich bei Einhaltung aller notwendigen Bedingungen, z. B. konstanter Temperatur, die Kennlinie mit einer Streuung von 0,02 V ungeändert geblieben war, obgleich sich die Austrittsarbeit der Kathode um mehr als 1 V geändert hatte.

Bei der Auswertung der Messung muß noch eine Voraussetzung geprüft werden, nämlich die, daß auch die A-Konstante für Kathoden konstant ist, die mit Fremdstoffschichten bedeckt sind; bei reinen Metallkathoden ist dies seit langem bekannt. Da bei dem bisher benutzten Meßverfahren der Richardsonschen Geraden für die A-Konstante die Temperaturabhängigkeit der Austrittsarbeit nicht berücksichtigt werden kann, braucht man ein neues Meßverfahren. Dieses liegt in der beschriebenen Anordnung vor. Die Messung hatte gezeigt, daß die Kennlinie ihre Lage nicht ändert, wenn der als Kathode dienende reine Wolframdraht mit Barium bedampft wird. Selbst wenn die Streuung von 0,02 V als wirkliche Änderung genommen wird, liegt die sich daraus ergebende A-Konstante für das mit Barium bedeckte Wolfram zwischen 95 und 150, also durchaus in der Nähe des Wertes 120,4 für reines Wolfram. Die A-Konstante muß also wirklich konstant gewesen sein.

Auch die Theorie zeigt bei Anwendung der Fermi-Statistik, daß die A-Werte bei reinen und bei bedampften Metallen weitgehend übereinstimmen müssen.

Rechnung und Messung zeigt also, daß folgender Satz gilt: Bei gleichbleibender emittierender Oberfläche wird die Lage der Kennlinie einer Elektronenröhre nur durch die geometrischen Abmessungen, durch die Temperatur der Kathode, insbesondere durch die Austrittsarbeit bestimmt, dagegen nicht durch die Austrittsarbeit der Kathode und damit auch nicht durch das Kontakt-Potential. *Ew.*

Physik.

DK 621.318.381

Neues Verfahren zur Erzeugung eines gleichförmigen magnetischen Feldes. [Nach J. W. Clark, Rev. sci. Instrum. 9 (1938) S. 320; 2½ S., 1 Abb.]

Zur Erzeugung gleichförmiger magnetischer Felder wurden bisher große Eisenkernmagnete oder Helmholtzsche Spulen benutzt, von denen die erste Anordnung kostspielig und massig ist, dem zweitgenannten Luftspulenaufbau aber der Hauptnachteil großer Abmessungen auch bei kleinen Feldstärken anhaftet. — J. W. Clark beschreibt einen schon früher angegebenen[1]) kugelartigen Elektromagneten, der aus scheibenartigen Lagenspulen aufgebaut ist und darauf beruht, daß sich das Feld im Innern einer Kreisspule annähernd gleichförmig ausbildet. Dabei werden die bei Helmholtzschen Spulen meist vorhandenen Schwierigkeiten der Wärmeabfuhr vermindert. Aus den einfachen Grundgleichungen für Amperewindungen, Feldstärke, Spannung und Widerstand werden die Spulenwerte für eine solche kugelförmige Anordnung von rd. 75 cm Dmr. erhalten zu:

Windungsdichte	n	= 27 Wdg./cm
Stromstärke	I	= 4,35 A
Drahtlänge	l	= 3900 m
ohmscher Widerstand (Kupferdraht)	R	= 57,5 Ω
Leistungsaufnahme (bei 250 V)	W	= 1090 W.

[1]) Mascart u. Joubert, L'Électricité et le Magnetisme, Bd. 1, S. 546; Verlag G. Masson, Paris 1882.

Die 24 Einzelspulen verschiedener abgestufter Durchmesser wurden bei der Herstellung auf Holzformen gewickelt und dann entsprechend zusammengestellt. Kreisförmige Öffnungen von rd. 75 mm Dmr. an beiden Enden ermöglichen den Eintritt in das Innere der Anordnung. Die Eichwerte sind in einer Tafel zusammengestellt; entsprechend dem Vorentwurf wurde die Feldabweichung zu weniger als 1% festgestellt. Die Feldstärke wurde zu 22,1 Oersted je Ampère entsprechend dem Entwurf ermittelt. Niedrige Kosten und bequeme Herstellbarkeit lassen den Kugelmagneten für viele Eich- und Meßzwecke als sehr geeignet erscheinen. *Tsch.*

DK 621.396.621.52.082.7.001.5 : 538.56

Das Rückkopplungsfilter und seine Anwendung in der Wellenanalyse. [Nach Barnard, Elektr. Nachr.-Wes. 16 (1938) S. 163; 15 S., 15 Abb.]

In der Praxis ist man häufig auf Wellenformanalysen angewiesen. Außer dem mathematischen Analysierverfahren von Fourier gibt es sehr viele experimentelle, die teilweise auch den heutigen Anforderungen entsprechen; denn man muß unter Umständen eine Analyse im Gebiet von 3,5 Hz bis 5 MHz ausführen, z. B. bei der Untersuchung von Breitbandverstärkern. Barnard schildert die einzelnen bekannten Verfahren (Gleichrichter-, Wellenstrompotentiometer-, Dynamometer-, Resonanz-, Heterodyn-, Filter- und Brückenverfahren). Außer den technischen Verfahren werden auch die graphischen geschildert und auf ihre Umständlichkeit hingewiesen. Im Anschluß hieran wird die Theorie des Rückkopplungsfilters eingehend beschrieben. Es werden die Schwankungen des Außenwiderstandes Ra und der Frequenz f geprüft. Für die elektrische Bauart ergeben sich aus der Theorie folgende Gesichtspunkte: 1. Der Frequenzbereich jeder Spule muß sich über den Bereich erstrecken, um den die Spulenkonstante höher ist als ein bestimmter von der gewünschten Trennschärfe abhängiger Ton. 2. Die erreichbare Trennschärfe hängt von der Spulenkonstante Q ab. 3. Da die Anodenspannung kritisch ist, muß

Abb. 5. Schaltung des Rückkopplungsfilters.

sie in engen Grenzen regelbar sein. 4. Die Gittervorspannung muß genau einstellbar sein und konstant bleiben. 5. Wegen der Trennschärfe muß darauf geachtet werden, daß die Spulengüte nicht durch folgende Stufen verringert wird. 6. Alle Kapazitäten zwischen Leitungen usw. müssen äußerst gering sein.

Werden alle diese Punkte beachtet, so ergeben sich folgende Vorteile für das Rückkopplungsfilter: 1. Seine Trennschärfe hat die Größe, die ein Quarzfilter besitzt. 2. Es kann stufenlos über ein weites Spektrum eingestellt werden. 3. Die Frequenzkonstanz ist unabhängig von den Röhren und nur eine Funktion der Spulengüten. 4. Der Verstärkungsgrad ist konstant. — Den schaltungstechnischen Aufbau eines solchen Rückkopplungsfilters zeigt Abb. 5. Nach dieser Behandlung wird die besondere Verwendung für einen Wellenanalysator besprochen, der folgende Vorzüge aufweist: Er ist stufenlos über ein weites Frequenzbereich einstellbar und kann nur Analyse von Wellenformen mit Pegelkomponenten bis 90 db = 10 N herunter benutzt werden. Der Prozentsatz der Trennschärfe ändert sich nicht mit der Frequenz; man kann Schwingungen analysieren, in denen die Wellen engeren Abstand haben als die Oberwellen (z. B. Untersuchung des Modulationsproduktes in einem Modulator). *Hsr.*

DK 621.317.39 : 536.53 + 533.275

Elektrische Thermometer und Hygrometer für meteorologische Messungen im unbemannten Ballon. [Nach D. N. Craig, J. Res. Bur. Stand. 21 (1938) S. 225; 10 S., 1 Abb. F. W. Dunmore, J. Res. Bur. Stand. 20 (1938) S. 723; 22 S., 22 Abb.]

Temperatur- und Feuchtigkeitsmessungen im unbemannten Ballon erfordern Instrumente, die eine möglichst kleine Einstellzeit besitzen, damit die gemessenen Werte mit der praktisch ohne Verzögerung gemessenen Höhe übereinstimmen. Für eine drahtlose Übertragung der Ab-

Abb. 6. Meteorograph zur drahtlosen Übertragung von Luftdruck, Temperatur, Feuchtigkeit und Beleuchtungsstärke.

lesungen sind ferner eine kleine Induktivität und Kapazität erwünscht. Für Temperaturmessungen wurde im Bureau of Standards ein elektrolytisches Widerstandsthermometer entwickelt, das in einer Kapillare von 1 mm lichter Weite eine Lösung von Kupfereinchlorid in Salzsäure und Aethylalkohol zwischen Kupferelektroden enthält. Diese Lösung verbindet mit einem großen Temperaturkoeffizienten und einem niedrigen Gefrierpunkt die wichtige Eigenschaft, daß die chemischen Reaktionen reversibel sind und daß die Eichung sich für die Dauer eines Aufstiegs nicht ändert. Die Temperaturangaben sind zuverlässig im Bereich von + 30° bis —75° C; der Fehler ist kleiner als 1°. Der große Temperaturkoeffizient läßt diese elektrolytischen Thermometer auch für den Betrieb von Thermostaten geeignet erscheinen; Versuche ergaben eine mit Verstärker und Thyratron erreichte Konstanz von 0,005°.

Das gebräuchliche Haarhygrometer zeigt sehr große Verzögerungszeiten und versagt unterhalb —20°. Ein elektrisches Hygrometer enthält als wesentlichen Teil eine dünnwandige Glasröhre von 10 mm Durchmesser und 12,7 cm Länge, die zwei getrennte Drahtwendeln trägt. Bereits diese einfachste Form zeigt eine starke Abhängigkeit des Widerstandes der Glasoberfläche zwischen den Drahtlagen von der Luftfeuchtigkeit. Aufrauhen der Glasfläche und Aufbringen eines hygroskopischen Überzugs verbessern die Wirksamkeit. Als Überzug ist eine Lösung von Lithiumchlorid in Wasser sehr geeignet. Die Konzentration richtet sich nach der Temperatur, bei der die Messungen erfolgen. Es ist möglich, verschiedene solche Hygrometer zu vereinen und damit den ganzen Temperaturbereich eines Höhenflugs zu beherrschen. Ein Probeflug mit zwei elektrischen Hygrometern und einem Haarhygrometer zeigte, daß dieses die Feuchtigkeit etwa 2 min später als jene anzeigte, entsprechend Höhenunterschieden von 600 m.

Abb. 6 zeigt einen Meteorographen zur drahtlosen Übertragung von Luftdruck, Temperatur, Feuchtigkeit und Beleuchtungsstärke (Wolkenhöhe und Dichte). Ein Motor schaltet nacheinander einen Vergleichswiderstand von 80 000 Ω, ein elektrisches Thermometer, zwei elektrische Hygrometer, ein elektrisches Barometer und eine Photozelle in den Gitterkreis des Senders ein, so daß jede Messung dreimal in der Minute übertragen wird. Der eingeschaltete Widerstand verändert die ausgesandte Frequenz; diese wird am Empfänger mit einem schreibenden Frequenzmesser gemessen. *Br.*

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH.

Zur Statistik der deutschen Elektrizitätswirtschaft im Jahre 1937.

II. Gefolgschaftsstatistik, Benutzungsdauer, Kraftquellen*).

DK 621.311.1.003.1(43)

Gefolgschaftsstatistik.

Das Statistische Reichsamt gibt für das Jahr 1937 die Ziffern für die in der öffentlichen Stromversorgung beschäftigten Personen und für die an diese gezahlten Löhne und Gehälter bekannt. Die Eigenanlagen sind also bei den folgenden Zahlen nicht berücksichtigt worden. Die Zahlen erfassen jedoch nicht nur die in der Stromerzeugung im Kraftwerks- und Bürobetrieb tätigen, sondern auch die mit der Stromverteilung und dem Stromverkauf sowie bei der Unterhaltung der Erzeugungs- und Verteilungsanlagen beschäftigten Personen. — Der hohe Anteil von fast 40% der technischen und kaufmännischen Gefolgschaftsmitglieder weicht von der Belegschaftszusammensetzung, wie er in sonstigen Fabrikationsbetrieben üblich ist, natürlich ganz erheblich ab (Zahlentafel 1).

Zahlentafel 1.

•	in Erzeugerwerken	in selbständigen Verteilerwerken	zusammen
Beschäftigte insgesamt (Ende Juni 1937)	85 450	29 382	114 832
davon Arbeiter	53 565	17 130	70 695
Löhne und Gehälter in 1000 RM	241 927	71 076	313 003

Benutzungsdauer der installierten Generatorleistung.

Einen zuverlässigen Einblick in die Leistung der beiden Zweige der Gewinnung von elektrischem Strom ermöglichen die Feststellungen über die durchschnittliche Benutzungsdauer, die bei den öffentlichen Werken im Jahre 1937 mit 3119 Std. (1933:1775 Std. und 1936:2890 Std.) hinter der Benutzungsdauer der Eigenanlagen mit 3395 Std. nur noch wenig zurückgeblieben sind. — Eine derartig hohe Leistung der öffentlichen Werke war nur möglich durch die verstärkte Einschaltung der Verbundwirtschaft. In beiden Zweigen der Stromerzeugung sind Jahresbenutzungsstunden von der Höhe des Jahres 1937 bisher noch nie erreicht worden. Aus dieser Tatsache können die Schlußfolgerungen gezogen werden, wie stark die Anforderungen an die Stromerzeuger und an ihre Leistungsfähigkeit gestiegen sind. Da im Rahmen des Vierjahresplanes erwartungsgemäß die Steigerung und Erweiterung der industriellen Erzeugung fortschreiten wird, ist auch mit dem weiteren Ausbau der Stromerzeugungsanlagen zu rechnen. Es ist daher anzunehmen, daß auf dem Gebiete der öffentlichen Stromversorgung in allernächster Zeit ein schnelleres Anwachsen der Zahlen der Leistungsfähigkeit zu erwarten ist und weitere Neu- und Erweiterungsbauten für notwendige Strombeschaffung dringlichst erstellt werden.

Kraftquellen der Stromerzeugung.

In der Stromerzeugung, nach Kraftquellen betrachtet, hat im Jahre 1937 bei den öffentlichen Werken der Anteil des aus der Steinkohle gewonnenen Stromes zugenommen, im Gegensatz zur dauernd rückläufigen Entwicklung in den voraufgegangenen fünf Jahren, u. zw. von 30,5 auf 32,2%. Darin dürfte ein Erfolg der Bemühungen des Steinkohlenbergbaues zu erblicken sein, der Steinkohle in der öffentlichen Stromversorgung wieder ein breiteres Absatzgebiet zu eröffnen. Die Zahlentafel 2 zeigt, daß zugleich auch der Anteil der Braunkohle von 47,2% auf 48,4% gestiegen ist, so daß die Erzeugung von Strom aus festen Brennstoffen mit 80,6% gegen 77,7% im Jahre 1936 stärker in Erscheinung tritt. Diese Entwicklung hat sich hauptsächlich zu ungunsten der Stromerzeugung durch Wasserkraft vollzogen, die anteilig von 21,6% auf 18,3% zurückgegangen ist. Dieser Rückgang dürfte auf die ungünstige Wasserführung im Jahre 1937 zurückzuführen sein. — Bei den Eigenanlagen hat sich

Zahlentafel 2.

Anteil der Kraftquellen an der Stromversorgung in %	Öffentliche Werke				Eigenanlagen			
	1934	1935[1])	1936	1937	1934	1935[1])	1936	1937
Steinkohle	31,0	31,1	30,5	32,2	40,4	40,1	42,0	41,4
Braunk. u. Torf	49,6	47,5	47,2	48,4	31,8	30,9	29,8	31,5
feste Brennstoffe zus.	80,6	78,6	77,7	80,6	72,2	71,0	71,8	72,9
Wasser	18,7	20,7	21,6	18,3	10,2	9,6	9,2	8,8
Gas	0,2	0,2	0,4	0,9	15,7	17,8	17,5	16,8
sonstige	0,5	0,5	0,3	0,2	1,9	1,6	1,5	1,5
insgesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

[1]) einschl. Saarland.

infolge vermehrter Verfeuerung von Braunkohle der Anteil der festen Brennstoffe an der Stromerzeugung gegenüber den Anteilen von Wasser und Gas ebenfalls erhöht.

Abb. 1. Die gesamte Stromerzeugung, dargestellt nach Stromquellen. 6 mm entsprechen 1 Mrd kWh.

In den Zahlentafeln 3a und 3b und Abb. 1 geben wir eine Darstellung der gesamten deutschen Stromerzeugung, und zwar der öffentlichen Werke und Eigenanlagen zusammengefaßt. Wie in den Zahlentafeln in H. 3, S. 83/84 der ETZ d. J. sind die Zahlen für das Jahr 1933 nach der früheren Aufstellung des Statistischen Reichsamtes aufgeführt und noch einmal zum Vergleich nach der neuen Aufstellung nach Hauptbezirken ziffernmäßig und bildlich wiedergegeben; für das Jahr 1937 kommt nur die neue Aufteilung des Amtes in Frage. Die Zahlentafel 3a gibt neben dem Land bzw. Landesteil die in seinem Bezirk erzeugte Strommenge an. Die anschließenden Kolonnen geben nach Mill kWh die Strommengen an, welche aus den Kraftquellen und zwar Steinkohle, Braunkohle und Torf, Wasserkraft, Gas und sonstige gewonnen werden. Die Zahlentafel 3b und die Abb. 1 fassen die in der Zahlentafel 3a einzeln

*) Nach Wirtsch. u. Statist. 18 (1938) S. 630; 4 S., 3 Abb. Die vorliegende Arbeit ist die Fortsetzung der Veröffentlichung in H. 3 der ETZ 60 (1939) S. 83. Ein 3. Bericht über die Stromerzeugung der Eigenanlagen, Stromabgabe an die Verbraucher, Entwicklung des Stromverbrauchs und Hinweis auf die Stromerzeugung in der Ostmark und im Sudetenland folgt.

Zahlentafel 3a. Kraftquellen der Stromerzeugung nach alter und neuer Gruppeneinteilung. 1933 nach Wirtschaftsgebieten und Hauptbezirken. 1937 nach Hauptbezirken. Gesamte Stromerzeugung in Mill kWh.

1933 (alte Einteilung)

Alte Wirtschaftsgebiete Nr.	Landesteil bzw Land		Stromerzeugung	Kraftquellen: feste Brennstoffe: Steinkohle	Braunk. u. Torf	Wasser	Gas	sonstige
VI	Ostpreußen, Grenzmark		302	238	1	41	—	22
		in %	100	79	—	14	—	7
VI	Pommern		378	315	1	53	3	6
		in %	100	83	—	14	1	2
VI	Niederschlesien		768	494	167	87	8	12
		in %	100	64	22	11	1	2
VI	Oberschlesien		668	591	—	7	49	21
		in %	100	89	—	1	7	3
IV	Berlin		931	920	2	—	—	9
		in %	100	99	—	—	—	1
II	Brandenburg (ohne Berlin)		1 386	94	1 260	20	3	9
		in %	100	7	91	1	—	1
V	Schleswig-Holstein		293	266	10	3	—	14
		in %	100	91	3	1	—	5
V	Hannover		687	415	107	46	95	24
		in %	100	60	15	7	14	4
V	Hessen-Nassau		610	153	335	108	11	3
		in %	100	25	55	18	2	—
II	Sachsen (Provinz)		3 703	16	3 530	18	109	30
		in %	100	—	96	—	3	1
I	Westfalen		3 099	2507	25	117	418	32
		in %	100	81	1	4	3	1
I	Rheinland, Hohenzollern		5 039	1277	2 985	70	611	96
		in %	100	25	60	1	12	2
	Preußen		17 864	7286	8 423	570	1307	278
		in %	100	41	47	3	7	2
III	Bayern		2 910	382	118	2336	26	48
		in %	100	13	4	80	1	2
II	Sachsen (Freistaat)		1 973	273	1 506	102	11	81
		in %	100	14	76	5	1	4
III	Württemberg		569	203	4	347	1	14
		in %	100	35	1	61	—	3
III	Baden		840	258	—	570	—	12
		in %	100	31	—	68	—	1
VII	Thüringen		226	25	117	47	15	22
		in %	100	11	51	21	7	10
VII	Hessen		338	187	149	45	1	6
		in %	100	48	38	12	—	2
VII	Braunschweig		96	2	79	6	—	9
		in %	100	2	82	6	—	10
IV	Mecklenburg		48	27	—	8	—	13
		in %	100	56	—	17	—	27
IV V VII	Übriges Deutschland, Hamburg, Oldbg., Anhalt, Bremen, Lübeck, Lippe-Schaumburg		740	610	43	39	28	20
		in %	100	82	5	5	4	3
	Deutsches Reich		25 654	9253	10 439	4070	1389	503
		in %	100	36	41	16	5	2

1933 (neue Einteilung) und 1937

Neue Hauptbezirke Nr.	Landesteil bzw. Land		1933: Stromerzeugung	1933: Steinkohle	1933: Braunk. u. Torf	1933: Wasser	1933: Gas	1933: sonstige	1937: Stromerzeugung	1937: Steinkohle	1937: Braunk. u. Torf	1937: Wasser	1937: Gas	1937: sonstige
V	Ostpreußen		278	231	1	41	—	5	431	383	1	41	1	5
		in %	100	83	—	15	—	2	100	89	—	10	—	1
II	Berlin		931	920	2	—	—	9	1 602	1 586	2	—	1	13
		in %	100	99	—	—	—	1	100	99	—	—	—	1
II	Brandenburg (ohne Berlin)		1 386	94	1260	20	3	9	3 258	204	2 936	103	8	7
		in %	100	7	91	1	—	1	100	6	90	3	½	½
V	Pommern		378	315	1	53	3	6	488	404	1	65	15	3
		in %	100	83	—	14	1	2	100	83	—	13	3	1
V	Grenzmark		24	7	—	17	—	—	36	12	—	21	—	3
		in %	100	29	—	71	—	—	100	33	—	58	—	9
V	Niederschlesien		768	494	167	87	8	12	1 379	945	247	153	28	6
		in %	100	64	22	11	1	2	100	67	18	11	12	—
V	Oberschlesien		668	591	—	7	49	21	1 155	929	—	22	201	3
		in %	100	89	—	1	7	3	100	80	—	2	18	—
II	Sachsen (Prov.)		3 703	16	3 530	18	109	30	7 783	273	7 325	26	139	20
		in %	100	—	96	—	3	1	100	4	94	—	2	—
IV	Schleswig-Holstein		293	266	10	3	—	14	580	494	—	9	66	11
		in %	100	91	3	1	—	5	100	85	—	2	11	2
IV	Hannover		687	415	107	46	95	24	1 204	750	125	63	250	16
		in %	100	60	15	7	14	4	100	62	11	5	21	1
I	Westfalen		3 099	2507	25	117	418	32	5 330	4 241	2	161	862	64
		in %	100	11	1	4	3	1	100	80	—	3	16	1
VI	Hessen-Nassau		610	153	335	108	11	3	1 199	358	659	126	53	3
		in %	100	25	55	18	2	—	100	30	55	11	4	—
I	Rheinland		5 035	1277	2 985	67	611	95	9 304	2 443	5 102	126	1548	85
		in %	100	25	60	1	12	2	100	26	55	1	17	1
VI	Hohenzollern		4	—	—	3	—	1	7	—	—	6	—	1
		in %	100	—	—	75	—	25	100	—	—	86	—	14
	Preußen		17 864	7286	8 423	587	1307	261	33 756	13 022	16 400	922	3172	240
		in %	100	41	47	3	7	2	100	38	49	3	9	1
III	Bayern		2 910	382	118	2336	26	48	4 828	953	375	3409	51	40
		in %	100	13	4	80	1	2	100	20	8	70	1	1
II	Sachsen (Freistaat)		1 973	273	1 506	102	11	81	3 302	469	2 519	168	123	23
		in %	100	14	76	5	1	4	100	14	76	5	4	1
III	Württemberg		569	203	4	347	1	14	971	439	4	516	1	11
		in %	100	35	1	61	—	3	100	45	—	54	—	1
III	Baden		840	258	—	570	—	12	2 239	562	1	1659	3	14
		in %	100	31	—	68	—	1	100	25	—	74	—	1
II	Thüringen		226	25	117	47	15	22	548	102	314	91	30	11
		in %	100	11	51	21	7	10	100	18	57	17	6	2
VI	Hessen		388	187	149	45	1	6	582	396	125	50	2	9
		in %	100	48	38	12	—	2	100	68	22	9	—	1
IV	Hamburg		472	463	—	—	2	7	850	817	12	—	4	17
		in %	100	98	—	—	—	2	100	97	1	—	—	2
VI	Mecklenburg		48	27	—	8	—	13	55	36	—	10	—	9
		in %	100	56	—	17	—	27	100	66	—	18	—	16
IV	Oldenburg		13	7	—	2	2	2	27	21	—	2	2	2
		in %	100	55	—	15	15	15	100	79	—	7	7	7
VI	Braunschweig		96	2	79	6	—	9	142	6	116	8	—	12
		in %	100	2	82	6	—	10	100	4	82	6	—	8
IV	Bremen-Lübeck		177	116	—	35	20	6	214	151	—	42	21	—
		in %	100	66	—	20	11	3	100	71	—	19	10	—
II	Anhalt		47	—	43	1	—	3	189	—	183	2	—	4
		in %	100	—	92	2	—	6	100	—	97	1	—	2
VI	Lippe, Schaumburg-Lippe		31	24	—	1	4	2	34	27	1	1	1	4
		in %	100	77	—	3	13	7	100	79	3	3	3	12
I	Saarland		—	—	—	—	—	—	1 232	739	—	23	469	1
		in %	100	—	—	—	—	—	100	60	—	2	38	—
	Deutsches Reich		25 654	9253	10 439	4087	1389	486	48 969	17 740	20 005	6903	3879	397
		in %	100	36	41	16	5	2	100	36	41	14	8	1

Zahlentafel 3b. Kraftquellen der Stromerzeugung nach alter und neuer Gruppeneinteilung. 1933 nach Wirtschaftsgebieten und Hauptbezirken, 1937 nach Hauptbezirken. Gesamte Stromerzeugung in Mrd kWh.

alte Wirtschaftsgebiete Nr.	Wirtschaftsgebiete	1933 (alte Einteilung) Stromerzeugung	Kraftquellen: feste Brennstoffe Steinkohle	Braunk. u. Torf	Wasser	Gas	sonstige
I	Rheinland, Westfalen	8,13	3,78	3,01	0,19	1,03	0,12
	in %	*100*	*47*	*37*	*2*	*13*	*0 1*
II	Brandenburg, Provinz u. Freistaat Sachsen	7,06	0,38	6,30	0,14	0,12	0,12
	in %	*100*	*5*	*89*	*2*	*2*	*2*
III	Bayern, Baden, Württemberg	4,32	0,84	0,12	3,25	0,03	0,08
	in %	*100*	*19*	*3*	*75*	*1*	*2*
IV	Berlin, Hamburg, Bremen-Lübeck	1,58	1,49	0,01	0,04	0,02	0,02
	in %	*100*	*95*	—	*3*	*1*	*1*
V	Schlesw.-Holst., Hannover, Hessen-Nassau, Oldenburg	1,60	0,84	0,45	0,16	0,11	0,04
	in %	*100*	*53*	*28*	*10*	*7*	*2*
VI	Ostpreußen, Pommern, Schlesien, Grenzmark	2,17	1,68	0,18	0,19	0,06	0,06
	in %	*100*	*77*	*8*	*9*	*3*	*3*
VII	Thüringen, Hessen, Braunschweig, Anhalt, Lippe-Schaumburg	0,79	0,24	0,39	0,10	0,02	0,04
	in %	*100*	*31*	*49*	*13*	*2*	*5*
	Deutsches Reich	25,65	9,25	10,46	4,07	1,39	0,48
	in %	*100*	*36*	*41*	*16*	*5*	*2*

Neue Hauptbezirke Nr.	Hauptbezirke	1933 (neue Einteilung) Stromerzeugung	Steinkohle	Braunk. u. Torf	Wasser	Gas	sonstige	1937 Stromerzeugung	Steinkohle	Braunk. u. Torf	Wasser	Gas	sonstige
I	Rheinland, Westfalen, Saarland	8,13	3,78	3,01	0,19	1,03	0,12	15,86	7,42	5,10	0,31	2,88	0,15
	in %	*100*	*47*	*37*	*2*	*13*	*1*	*100*	*47*	*32*	*2*	*18*	*1*
II	Brandenburg, Berlin, beide Sachsen, Thüringen, Anhalt	8,27	1,33	6,46	0,19	0,14	0,15	16,68	2,63	13,28	0,39	0,30	0,08
	in %	*100*	*16*	*78*	*2*	*2*	*2*	*100*	*16*	*80*	*2*	*2*	—
III	Bayern, Baden, Württemberg	4,32	0,84	0,12	3,25	0,03	0,08	8,04	1,96	0,38	5,58	0,06	0,06
	in %	*100*	*19*	*3*	*75*	*1*	*2*	*100*	*24*	*5*	*69*	*1*	*1*
IV	Hannover, Oldenburg, Schlesw.-Holstein, Hansestädte	1,64	1,27	0,12	0,08	0,12	0,05	2,88	2,23	0,14	0,12	0,34	0,05
	in %	*100*	*78*	*7*	*5*	*7*	*3*	*100*	*77*	*5*	*4*	*12*	*2*
V	Schlesien, Ostpreußen, Pomm., Grenzmark	2,12	1,64	0,17	0,21	0,06	0,04	3,49	2,67	0,25	0,30	0,25	0,02
	in %	*100*	*77*	*8*	*10*	*3*	*2*	*100*	*77*	*7*	*9*	*7*	—
VI	Übriges Deutschland: Beide Hessen, Mecklenburg, Braunschweig, Lippe-Schaumburg, Hohenzollern	1,17	0,39	0,58	0,16	0,01	0,03	2,02	0,83	0,90	0,20	0,05	0,04
	in %	*100*	*30*	*50*	*14*	*1*	*2*	*100*	*41*	*45*	*10*	*2*	*2*
	Deutsches Reich	25,65	9,25	10,46	4,07	1,39	0,48	48,97	17,74	20,05	6,90	3,88	0,40
	in %	*100*	*36*	*41*	*16*	*5*	*2*	*100*	*36*	*41*	*14*	*8*	*1*

aufgeführten Länder bzw. Landesteile nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten gemäß den Bestimmungen des Reichsamtes nach Wirtschaftsgebieten (frühere Gruppierung) und Hauptbezirken (neue Gruppierung) zusammen. Die Strommengen sind, um die gleichen Ziffern wie in der Abb. 1 zu bieten, in Mrd kWh angegeben. *Trb.*

STATISTISCHE MITTEILUNGEN.

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Deutscher Elektro-Außenhandel 1938. — Die deutsche Elektro-Ausfuhr betrug im Jahre 1938 336 Mill RM. Gegenüber dem Vorjahr ist sie um 16 Mill RM oder 5% gestiegen. Durch diese Entwicklung konnte auch ihr Anteil an der deutschen Gesamtausfuhr von 5,5% in den Vorjahren auf 6,4% 1938 vergrößert werden. Innerhalb der Warengruppen (Zahlentafel 4) seien von den Gruppen, bei denen Ausfuhrverbesserungen eingetreten sind, genannt: Akkumulatoren, Kabel und Drähte, Bogenlampen und Scheinwerfer, Telegraphie und Telephonie mit und ohne Draht. In den Gruppen Sicherheitsapparate, nicht besonders benannte Apparate einschließlich der Schaltapparate, Elektromedizin, Koch- und Heizapparate, Kohle für die Elektrotechnik ist die Ausfuhr gegenüber dem Vorjahr fast unverändert geblieben bzw. um weniger als 2% gestiegen. Rückläufig war sie u. a. bei Maschinen, Automobilzubehör, Meß- und Zählvorrichtungen, Glühlampen. Die geographische Verteilung der Ausfuhr (Zahlentafel 5) zeigt nach Europa eine Gesamtzunahme von 4,3%, nach Übersee von 7,3%. Rückläufig war innerhalb Europas die Ausfuhr nach Belgien, Bulgarien, Frankreich, Großbritannien, der Schweiz, Jugoslawien, der Tschecho-Slowakei, Ungarn und der UdSSR, doch lagen die Ausfuhrergebnisse 1938 (mit Ausnahme von Frankreich und der UdSSR) in der Nähe und z. T. erheblich über den Werten von 1936, denen gegenüber 1937 z. T. 50% und mehr betragende Ausfuhrverbesserungen eingetreten waren. Im einzelnen verteilen sich die Zunahmen wie folgt:

1 bis 5% nach Island, Estland, Italien, Portugal, Schweden
9 „ 15% nach Dänemark, Norwegen, den Niederlanden
21 „ 28% nach Griechenland, Irland, der Türkei
36 „ 50% nach Lettland, Polen, Rumänien
90 u. 182% nach Litauen und Spanien.

Zahlentafel 5. Deutsche Elektroausfuhr nach Absatzländern.

Absatzgebiete	1936 1000 RM	1937 1000 RM	1938 1000 RM	Anteil a. d. deutschen Elektroausfuhr 1936 %	1937 %	1938 %
Europa *einschl. Österr.*	*199 576*	*241 071*				
Europa ohne Österreich	192 692	232 681	242 742	74,3	72,8	72,3
Afrika	8 185	10 358	11 235	3,2	3,3	3,3
Asien	25 966	31 367	33 677	10,0	9,8	10,0
Nord- und Mittelamerika	5 730	7 165	5 865	2,2	2,2	1,8
Südamerika	24 672	34 498	39 074	9,5	10,8	11,6
Australien	2 078	3 501	3 384	0,8	1,1	1,0
nicht ermittelt	30	22	10	0,0	0,0	0,0
Insgesamt *einschl. Österreich*	*266 237*	*327 982*				
ohne Österreich	**259 353**	**319 592**	**335 987**	**100**	**100**	**100**
Wichtige Absatzgebiete in Europa[1])						
Niederlande	23 984	27 633	31 883	9,2	8,6	9,5
Schweden	22 176	28 612	29 886	8,6	9,0	8,9
Rumänien	8 311	10 936	16 453	3,2	3,4	4,9
Italien	13 536	13 858	14 134	5,2	4,3	4,2
Belgien-Luxemburg	10 527	13 411	12 670	4,0	4,2	3,8
Großbritannien	12 908	16 363	12 657	5,0	5,1	3,7
Norwegen	9 520	10 742	11 748	3,7	3,4	3,5
Polen-Danzig	5 330	7 972	11 703	2,0	2,5	3,5
Finnland	7 918	12 253	11 453	3,1	3,8	3,4
Griechenland	4 865	7 895	9 524	1,9	2,5	2,8
Frankreich	13 055	12 742	9 442	5,0	4,0	2,8
Dänemark	6 856	8 381	9 175	2,6	2,6	2,7
Schweiz	8 524	9 902	8 950	3,3	3,1	2,7
Jugoslawien	4 286	9 332	8 827	1,6	2,9	2,6
Türkei	3 603	6 347	8 028	1,4	2,0	2,4
Tschecho-Slowakei	7 641	8 958	7 639	2,9	2,8	2,3
Spanien	5 377	2 085	5 889	2,1	0,7	1,8
Ungarn	3 293	4 401	4 180	1,3	1,4	1,2
Bulgarien	3 337	5 583	3 928	1,3	1,7	1,2
Irischer Freistaat	2 478	2 905	3 707	1,0	0,9	1,1
Portugal	2 628	2 498	2 621	1,0	0,8	0,8
Litauen und Memel	717	1 341	2 555	0,3	0,4	0,8
Estland	1 511	1 741	1 806	0,6	0,5	0,5
Lettland	1 440	1 265	1 719	0,5	0,4	0,5
U. d. SSR	8 205	4 643	1 292	3,2	1,5	0,4
Island	413	708	713	0,2	0,2	0,2
sonst. europ. Länder	253	174	160	0,1	0,1	0,1
Österreich	*6 884*	*8 390*	.	.	.	.
zusammen Europa *einschl. Österr.*	*199 576*	*241 071*				
ohne Österreich	**192 692**	**232 681**	**242 742**	**74,3**	**72,8**	**72,3**

[1]) Geordnet nach der Größe der Ausfuhr 1938.

Absatzgebiete	1936 1000RM	1937 1000RM	1938 1000RM	Anteil a. d. deutschen Elektroausfuhr 1936 %	1937 %	1938 %
Wichtige Absatzgebiete in Übersee[1])						
Union von Südafrika	4 231	6 023	6 418	1,6	1,9	1,9
Aegypten	2 104	1 914	1 887	0,8	0,6	0,6
Span. Afrika einschl. Kan. Inseln	[4]) 125	309	1 021	0,1	0,1	0,3
Französisches Afrika	953	917	549	0,4	0,3	0,2
Ehemalige deutsche Mandatsgeb. in Afrika	180	271	508	0,1	0,1	0,1
sonstiges Afrika	592	924	852	0,2	0,3	0,2
Brit.-Indien einschl. Birma	6 691	8 371	7 984	2,6	2,6	2,4
China[2])	7 545	7 059	5 903	2,9	2.2	1,8
Hongkong	.	863	649	.	0.3	0,2
Mandschukuo	.	511	2 025	—	0,2	0,6
Japan	3 331	3 567	5 405	1,3	1,1	1.6
Ndl.-Indien	3 244	4 852	5 129	1,2	1,5	1.5
Iran	2 560	2 603	3 079	1,0	0,8	0,8
Palästina	905	1 117	831	0,3	0,4	0.2
Brit.-Malaya, Ceylon	381	782	621	0,2	0,2	0,2
Siam	269	412	611	0,1	0,1	0,2
Irak[3])	.	354	380	—	0,1	0,1
sonstiges Asien	1 040	876	1 060	0,4	0,3	0,4
Mexiko	2 140	2 703	2 195	0,8	0,8	0,7
V. S. Amerika	2 426	2 723	2 091	0,9	0,8	0,6
Canada und Neufundland	259	347	336	0,1	0,1	0,1
sonstiges Nord- und Mittelamerika	905	1 392	1 243	0,4	0,5	0,4
Argentinien	9 103	13 075	14 375	3,5	4,1	4.2
Brasilien	6 396	9 645	10 020	2,5	3,0	3,0
Chile	2 982	4 636	5 605	1.2	1,4	1,7
Uruguay	2 136	2 540	3 263	0,8	0,8	1,0
Columbien	1 243	1 229	1 922	0,5	0,4	0,6
Peru	1 789	1 770	1 625	0,7	0,6	0,5
Venezuela	522	1 044	1 443	0,2	0,3	0,4
Bolivien	117	181	398	0,0	0,1	0,1
sonstiges Südamerika	384	378	423	0,1	0,1	0,1
Australischer Bund	1 934	3 225	2 993	0,7	1,0	0,9
Neuseeland	142	269	380	0,1	0,1	0,1
Sonstige Gebiete	32	29	21	0,0	0,0	0,0
zusammen Übersee	**66 661**	**86 911**	**93 245**	**25,7**	**27,2**	**27,7.**

[1]) Geordnet innerhalb der Erdteile nach der Größe der Ausfuhr 1938.
[2]) 1936 einschließlich Hongkong und Mandschukuo.
[3]) 1936 in „Sonstiges Asien".
[4]) Nur Kanarische Inseln.

In Übersee zeigen die Gesamtergebnisse nach den Erdteilen eine Zunahme von 7 bis 8% nach Asien und Afrika und von 13% nach Südamerika. Nach Nord- und Mittelamerika und Australien ging die Ausfuhr zurück. Auch hier setzen sich diese Durchschnittsänderungen aus Zu- und Abnahme nach den einzelnen Ländern zusammen. Genannt seien mit besonders hohen Ausfuhrzunahmen Spanisch-Afrika, Mandschukuo, Japan Siam, Niederländisch-Indien, Bolivien, Columbien.

Die deutsche Elektro-Einfuhr (Zahlentafel 4 und 6) betrug 1938 19,8 Mill RM.

Zahlentafel 6. Deutsche Elektro-Einfuhr nach Herkunftsländern.

Herkunftsländer[1])	1936[2]) 1000RM	1937 1000RM	1938 1000RM	Anteil a. d. deutschen Elektro-Einfuhr 1936 %	1937 %	1938 %
Niederlande	4 345	7 610	7 328	26,0	42,2	37.1
Ungarn	3 770	4 180	4 077	22,6	23,2	20.6
Belgien-Luxemburg	1 573	2 039	2 075	9,4	11,3	10.5
Schweiz	2 059	1 270	1 811	12,4	7,0	9.2
Großbritannien	939	656	1 050	5,7	3,6	5.3
Tschecho-Slowakei	506	604	994	3,1	3,3	5,0
Schweden	543	619	953	3,3	3,4	4,8
Italien	294	166	611	1,8	0,9	3,1
V. S. Amerika	374	338	379	2,3	1,9	1,9
Dänemark	561	301	240	3,4	1,6	1.2
Frankreich	636	203	207	3,8	1,1	1.1
Norwegen	202	68	47	1,2	0,4	0,2
sonstige Länder	835	16	6	5,0	0,1	0,0
Österreich	*1 520*	*1 537*				
Insgesamt						
einschl. Österreich	*18 157*	*19 607*				
ohne Österreich	**16 637**	**18 070**	**19 778**	**100**	**100**	**100**

[1]) Geordnet nach der Größe der Einfuhr 1938.
[2]) Einschließlich Rückwaren.

Wichtigste Warengruppen sind nach wie vor Maschinen, Kabel und Draht, Glühlampen und Drahtlose Telegraphie und Telephonie mit zusammen 84% Anteil an der deutschen Elektro-Einfuhr. Wichtigste Lieferländer blieben die Niederlande, Ungarn, Belgien und die Schweiz, die 1937 und 1938 84 bzw. 77% der Einfuhr lieferten.

Zahlentafel 4. Deutscher Elektro-Außenhandel nach Warengruppen.

Pos.	Gegenstand	Ausfuhr 1937 einschl. Ausfuhr nach Österreich 1000 RM	Ausfuhr 1937 ohne Ausfuhr nach Österreich 1000 RM	Ausfuhr 1938 ohne Ausfuhr nach Österreich 1000 RM	Anteil an der Gesamt-Elektroausf. 1937 %	Anteil an der Gesamt-Elektroausf. 1938 %	Einfuhr 1937 einschl. Einfuhr aus Österreich 1000 RM	Einfuhr 1937 ohne Einfuhr aus Österreich 1000 RM	Einfuhr 1938 ohne Einfuhr aus Österreich 1000 RM	Anteil an der Gesamt-Elektroeinf. 1937 %	Anteil an der Gesamt-Elektroeinf. 1938 %
907 a	Lichtmaschinen, Lichtzündmaschinen usw.	3 443	3 202	2 343	1,1	0,7	4	4	11	0	0,1
b—g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Transformatoren usw.	38 050	37 300	36 648	11,5	10,8	1 337	851	1 326	4,7	6,7
h	Anker, Kollektoren[1])	3 273	3 152	3 111	1,0	0,9	9	8	20	0,0	0,1
	zusammen Maschinen	*44 766*	*43 654*	*42 102*	*13,6*	*12,4*	*1 350*	*863*	*1 357*	*4,7*	*6,9*
908 a, b	Akkumulatoren	3 602	3 601	4 090	1,1	1,2	76	76	82	0,4	0,4
909	Kabel	22 304	22 304	24 428	7,0	7,3	1 890	1 881	2 033	10,4	10,2
890 a	isolierter Draht f. d. Elektrotechnik	17 219	17 127	18 737	5,4	5,6	1 018	994	1 842	5,5	9,3
aus 871 a	Lack- (Email-) Draht[2])	1 319	1 318	919	0,4	0,3	—	—	—	—	—
	zusammen Kabel und Draht	*40 842*	*40 749*	*44 084*	*12,8*	*13,2*	*2 908*	*2 875*	*3 875*	*15,9*	*19,5*
910a—c	Bogenlampen, Scheinwerfer usw.	4 409	4 390	9 441	1,3	2,8	49	49	38	0,2	0,2
911 a, b	Glühlampen	10 897	10 608	9 224	3,3	2,7	4 365	3 922	3 897	21,7	19,7
912A1,2	Telegraphie u. Telephonie mit Draht	18 176	17 673	19 832	5,5	5,9	151	151	180	0,8	0,9
A 3	drahtlose Telegraphie u. Telephonie	33 587	32 679	37 022	10,2	11,0	7 921	7 603	7 517	42,1	38,0
A 4	Meß-, Zähl- u. Registriervorrichtungen	22 151	21 478	21 061	6,7	6,3	721	677	775	4,0	3,9
B, C	Koch- u. Heizapparate einschl. Bügeleisen	10 270	10 081	10 004	3,1	3,0	37	32	19	0.2	0,1
D	Röntgenröhren	2 969	2 871	2 852	0,9	0,9	—	—	—	—	—
E	Magnetzündapparate usw., Zubehör für Motorfahrzeuge	15 447	14 711	13 298	4,6	3,9	123	110	207	0,6	1,1
F 1	Sicherungs- u. Signalapp., Läutewerke	3 959	3 872	3 881	1,2	1,2	3	2	5	0,0	0,0
F 2	Schaltapp. usw., nicht bes. ben. Vorrichtungen f. Beleuchtung, Kraftübertragung usw.	70 496	68 537	69 540	21,4	20,7	1 134	971	1 111	5,4	5,6
F 3	Elektromedizin	14 254	13 976	14 128	4,4	4,2	81	64	71	0,4	0,4
F 4	Galvanische Elemente	3 600	3 592	3 265	1,1	1,1	2	2	3	0	0.0
F 5	Isolationsgegenstände aus Porzellan[3])	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F 6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Glimmer usw.	595	528	345	0,2	0,2	—	—	—	—	—
F 7	Isolierröhren f. el. Leitg. aus Papier od. Pappe, auch in Verb. m. unedlen Metallen[3])	1 745	1 695	1 318	0,5	0,4	—	—	—	—	—
aus 795, 799	andere Isolierrohre (Stahl-,Peschel-,Schlitzrohre)[2])	3 232	3 220	2 666	1,0	0,8	—	—	—	—	—
648a—e	Kohle für die Elektrotechnik	12 595	11 737	11 828	3.8	3,5	375	375	347	2,1	1,8
733 a	Porzellanisolatoren	2 511	2 421	2 193	0,8	0.6	—	—	—	—	—
aus 906D 15	Staubsauger	3 520	3 268	3 214	1,1	0,9	258	258	203	1.4	1.1
915 b 5	Elektrokarren[2])	279	273	435	0,1	0,1	—	—	—	—	—
783 c, 799 c	Teile v. Masch. u. Erzeugn. d. Nr. 907 a bis 911 b aus schmiedbarem u. nicht schmiedbarem Guß[3])	—	—	—	—	—	53	40	91	0,2	0,5
	verschiedene Elektroerzeugnisse (Werkzeuge, Kühlschränke u. a.)[2])[4])	4 080	3 978	10 164	1,3	3,0	—	—	—	—	—
	insgesamt	**327 982**	**319 592**	**335 987**	**100**	**100**	**19 607**	**18 070**	**19 778**	**100**	**100**

[1]) Ausfuhr: auch andere Teile von elektr. Maschinen. [2]) Nur für die Ausfuhr. [3]) Nur für die Einfuhr. [4]) Erst seit April 1937 getrennt erfaßt.

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.

Messe-Kurztagung des VDE am 7. März 1939 in Leipzig.

Anläßlich der diesjährigen Leipziger Frühjahrsmesse veranstaltet der VDE wieder wie im Vorjahre eine Messe-Kurztagung im Vortragssaal des Hauses der Elektrotechnik auf dem Gelände der Technischen Messe in Leipzig. Die Tagung findet am Dienstag, dem 7. März 1939 statt, beginnt um 10.30 Uhr und wird gegen 13.00 Uhr beendet sein. Sie steht unter dem Gesichtspunkt:

„Zeitgemäße Installation".

Vortragsfolge:

I. VDE-Vorschriften als Grundlage für sachgemäße Installation. Reichsinnungsmeister Gamer VDE.

II. Neuartige Werkstoffe in der Installationstechnik.

Kunststoffe	Dipl.-Ing. Burmeister VDE
Leichtmetalle	Dipl.-Ing. Wiesthaler VDE

III. Sonderfragen neuzeitlicher Installation.

Rundfunkantennen	Dr.-Ing. Dennhard VDE
Blitzableiter	Reichsfachgruppenleiter Fluthwedel VDE
Ausstellungshallen	Dipl.-Ing. Lüdeling VDE
Luftschutz	Dr.-Ing. Setzepfand VDE
Siedlung	Dipl.-Ing. Mann VDE.

Kostenlose Teilnehmerkarten können bei der Geschäftstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, bis zum 1. März 1939 bestellt werden.

Ausschuß für Maschinen.

Die Normgruppe „Maschinen" der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie hat einen Neuentwurf zu

DIN VDE 2960 „Elektrische Maschinen: Klemmen für Maschinen mit Leistungen von 1,1 bis 250 kW bei Drehzahlen von 3000 bis 500 U/min und Spannungen bis 6 kV"

unter Berücksichtigung von DIN VDE 50 „Elektrische Maschinen, Transformatoren und Geräte: Kurzzeichen für Schutzarten" und der Neubearbeitung von VDE 0570/XII.38 „Regeln für Klemmenbezeichnungen" aufgestellt, der in ETZ 60 (1939) S. 196 veröffentlicht ist.

Begründete Einsprüche hierzu können bis zum 10. 3. 1939 bei der Geschäftstelle eingereicht werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker

Der Geschäftsführer:
Blendermann

Bezirk Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Funktechnik und Verstärkertechnik".

Leiter: Professor Dr. phil. H. Fassbender VDE.

Vortrag

des Herrn Dr.-Ing. D. Thierbach, Berlin, am Donnerstag, dem 16. Februar 1939, um 20^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Ein Zwölfkanal-Trägerfrequenzsystem für unbelastete Kabelleitungen".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Elektrizitätswerke und Unterwerke".

Leiter: Dr.-Ing. E. Krohne VDE.

Vortrag

des Herrn Dipl.-Ing. G. Meiners VDE, Berlin, am Dienstag, dem 21. Februar 1939, um 20^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Die Warte des Kraft- und Umspannwerkes, des Netzes, der Großförderanlage und der Industriesteuerung".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Leitungstelegraphie und -telephonie".

Leiter: Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Postrat Dipl.-Ing. R. Fernau, Berlin, am Donnerstag, dem 23. Februar 1939, um 20^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Fernschreiben".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Bezirksversammlung

am Dienstag, dem 28. Februar 1939, 20^{00}, im Großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20—22.

Vortrag des Herrn Dr. phil. nat. H. Reddemann, Berlin, über das Thema:

„Künstliche Atomkernumwandlungen nach neueren Forschungsergebnissen".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im VDE-Haus, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
16. 2. 1939 Vortragsreihe „Ausgewählte Fragen der Rundfunkempfangstechnik": „Die automatische Scharfabstimmung", Vortragender: Dipl.-Ing. Wünning.

1. bis 3. Juni 1939 • VDE-Mitgliederversammlung • Wien

Hochspannungstechnik. Leiter Dr.-Ing. G. Hameister VDE.
17. 2. 1939 Vortragsreihe „Die Netze und der Bau ihrer wichtigsten Anlagenteile": „Freileitungen und Freileitungsisolation", Vortragender: Ingenieur B. Koske.

Installationstechnik. Leiter: Dipl.-Ing. R. Schamberger VDE.
21. 2. 1939 „Elektrodörfer, Musterinstallationen in landwirtschaftlichen Betrieben", Vortragender: Dipl.-Ing. Volmer.

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. Boekels VDE.
22. 2. 1939 „Fehlerortung an fremdgestörten Schwachstromkabeln", Vortragender: Dipl.-Ing. N. Weyß.

Allgemeine Elektrotechnik — Elektrizitätswerke. Gemeinschaftliche Veranstaltung der beiden Arbeitsgemeinschaften.
23. 2. 1939 „Fernregelung von Kraftwerken", Vortragender: Dr.-Ing. H. Wierer VDE.

VDE Bezirk Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Danzig (gemeinsam mit VDI). 20. 2. (Mo), 20⁰⁰, T. H.: „Allgemeinbeleuchtung — Platzbeleuchtung — Luftschutz" (m. prakt. Vorführ. u. Lichtb.). Dir. Schaer.

VDE Bezirk Magdeburg-Anhalt. 21. 2. (Di), 20¹⁵, Staatl. Ingenieurschule: „Neuere Fortschritte in der elektrischen Meßtechnik." Dr.-Ing. Krönert.

VDE Bezirk Niedersachsen, Hannover. 21. 2. (Di), 20⁰⁰, T. H.: „Hartgasschalter als Leistungs- und Leistungstrennschalter." Dipl.-Ing. Schultheiss VDE.

VDE Bezirk Nordmark, Kiel. 21. 2. (Di), 20¹⁵, Phys. Inst.: „Eloxal, ein neuer elektrochemischer Werkstoff" (m. Film). Dr. Bernitt VDE.

VDE Bezirk Nordsachsen, Leipzig. 22. 2. (Mi), 20⁰⁰, Universität: „Das Übermikroskop als Fortsetzung des Lichtmikroskops." Dr. Ruska VDE.

VDE Bezirk Ostsachsen, Dresden. 23. 2. (Do), 19⁴⁵, El. Inst.: „Kritische Betrachtungen neuzeitlicher Bauformen und Baumittel für Hochspannungs-Schaltanlagen." Obering. I. Sihler VDE.

VDE Bezirk Württemberg, Stuttgart. 23. 2. (Do), 20⁰⁰, Neubau der T. H.: „Die Technik in den deutschen Kolonien" (m. farbigen Lichtbildern). Prof. Dr. Walter.

Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft, Berlin. 21. 2. (Di), 19⁰⁰, Ingenieurhaus: „Elektrizitätswirtschaft bei der Deutschen Reichsbahn" (m. Lichtb.). Reichsbahnrat W. Prepens.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin und Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Berlin. 22. 2. (Mi), 19³⁰, T. H. EB 301: „Über die Ausbreitung und Absorption von Ultraschall im menschlichen Gewebe und seine therapeutische Wirkung bei Ischias und Plexusneuralgie." R. Pohlmann.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

André Blondel †. Einer der hervorragendsten französischen Elektrotechniker, ist am 15. Nov. v. J. in seinem 75. Lebensjahre gestorben. Er war 1889 in den Staatsdienst als Ingenieur der Leuchttürme-Verwaltung getreten, wurde 1893 zum Professor der Elektrizität an der Ecole des Ponts et Chaussées ernannt und zog sich im Jahre 1927 in den Ruhestand zurück; bis zu seinem Tode aber blieb er, wie sein ganzes Leben hindurch, in verschiedensten Gebieten der Elektrotechnik schöpferisch tätig. Sein Name ist mit der Entwicklung der Meßtechnik, der Oszillographie, der Lichtbogenforschung und der Photometrie eng verknüpft. Er gab grundlegende Arbeiten zur Theorie der elektrischen Maschinen in den ersten Jahren ihrer Anwendung (1892—1900) und trug zur Entwicklung der Kommutatormotoren (1900—1904) bahnbrechend bei. Von ihm stammt der Entwurf der Energieübertragung Alpen-Paris, und viele seiner Arbeiten sind der Berechnung von Hochspannungsleitungen gewidmet. Schon im Jahre 1898 beschäftigte er sich mit der elektrischen Zugförderung und war Mitarbeiter eines Buches über diesen Gegenstand. Mit der Funktechnik befaßte er sich besonders in den ersten Jahren ihrer Entwicklung, schuf jedoch noch 1920 ein Netz von selbsttätigen Funkposten an der französischen Küste. Auch auf dem Gebiete der Schallehre veröffentlichte er wichtige Arbeiten. Mit ihm ging einer der großen schöpferischen Geister dahin, die, mit hoher mathematischer Kultur ausgerüstet, zur Entwicklung der Elektrotechnik in den letzten 50 Jahren fruchtbar beigetragen haben.
-ak

C. A. Schaefer. — Am 14. 2. beging Herr Ing. C. A. Schaefer VDE, Hannover, seinen 70. Geburtstag. Seine Haupttätigkeit in der Elektrotechnik begann 1891 bei Oskar v. Miller in der Mitarbeit an der ersten großen Fern-Kraftübertragung Lauffen-Frankfurt. Auf Empfehlung Millers kam er anschließend zu den Elektrizitätswerken Heilbronn, wo er die Fernübertragung Lauffen—Heilbronn mit erbaute. 1895 gründete Herr Schaefer eine eigene Firma, die erste Großhandlung der Elektrotechnik. Neben dem Großhandel konstruierte er in einem eigenen Werkstattbetrieb nach seinen Ideen die ersten Leitungskupplungen und Straßenüberspannungen, die weit über Deutschlands Grenze seinen Namen trugen. Später nahm er die Herstellung von besonderen Beleuchtungsarmaturen auf. Unter seiner Leitung entwickelte sich der kleine Werkstattbetrieb zu der lichttechnischen Spezialfabrik „Hellux" der C. A. Schaefer K. G. Die geistige und körperliche Rüstigkeit des nun 70 jährigen Gründers lassen weitere Erfolge seines Unternehmens erhoffen. — Die Elektrotechnische Gesellschaft in Hannover, deren Mitbegründer Herr Schaefer ist, ehrte sein Schaffen durch Ernennung zum Ehrenmitglied; 1924 wurde ihm außerdem die Ehrenbürgerschaft der T.H. Hannover verliehen.

C. A. Schaefer.

BRIEFE AN DIE ETZ.

Ergänzende Zuschrift zur Buchbesprechung.

DK 621.317.755

Die Kathodenstrahlenröhre, ihre vielseitige Anwendung in Technik, Naturwissenschaft und Medizin. Unter autorisierter Benutzung von J. F. Rider „The Cathode-ray-tube at Work" frei bearbeitet von Ing. H. Richter.
Veröffentlicht in der ETZ 59 (1938) H. 52, S. 1419.

Wie mir Herr Richter mitteilt, ist das von ihm bearbeitete Buch „Die Kathodenstrahlenröhre" für einen Leserkreis bestimmt, der sich nicht nur aus Elektrotechnikern, sondern vor allem aus Technikern aller Fachrichtungen zusammensetzt. Herr Richter glaubt, daß ein derartiger Leserkreis sich für betriebstechnische Fragen nicht interessiert, und ist deshalb der Meinung, auf die Betriebsbedingungen und die Voraussetzungen für genaue Messungen mit einem Oszillographen (wozu z. B. das von mir in meiner Besprechung als fehlend empfundene Symmetrierungsproblem gehört) nicht näher eingehen zu müssen. Herr Richter beschränkt die Aufgabe seines Buches ausdrücklich darauf, dem Leser nur ein grundsätzliches Verständnis der Elektronenstrahloszillographie zu vermitteln, und ist der Ansicht, daß die Oszillographenfirmen ihren Geräten genügend genaue Anweisungen mitgeben, so daß meine Beanstandungen deswegen z. T. hinfällig werden. Allerdings muß hierzu festgestellt werden, daß, wie aus dem entsprechenden Kapitel des Buches selbst hervorgeht, die Bedienungsvorschriften der Firmen im allgemeinen leider nur das Gerät und nicht meßtechnische Fragen betreffen, und daß also der Leser, sofern er selbst messen will, immer noch auf das Fachschrifttum angewiesen ist, was auch von dem Nichtelektrotechniker als störend empfunden werden dürfte.

Berlin, 31. 1. 1939. H. Pieplow VDE.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Prof. Dr. K. Arndt VDE, Berlin-Charlottenburg, Spreestr. 15.
Dipl.-Ing. I. Bertelsen, Risskov (Dänemark), Jasminvej 14.
Dipl.-Ing. K. Debus VDE, Darmstadt, Hohler Weg 21.
E. Hilligardt, Friedrichshafen a. B., Rosenstr. 8.
Prof. Dr.-Ing. E. Hueter VDE, Darmstadt, Wilhelmsstr. 8.

Abschluß des Heftes: 9. Februar 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
60. Jahrgang Berlin, 23. Februar 1939 Heft 8

Die 150 kV-Kabelverbindung Rotterdam—Den Haag.

Von G. J. T. Bakker, Den Haag.

DK 621.315.212.1.027.3 : 621.311.1.025.3(492)

Übersicht. Die Überlegungen, die zur Wahl eines Kabels für die Verbindungsleitung zwischen Den Haag und Rotterdam geführt haben, die Vorarbeiten, die zur Klärung des zweckmäßigsten Kabeltyps geleistet werden mußten, sowie die Herstellung, Prüfung, Verlegung und Montage der gewählten 150 kV-Einleiter-Ölkabel werden eingehend besprochen*).

Als der Zeitpunkt herannahte, daß es wirtschaftlich möglich schien, eine 150 kV-Verbindung zwischen Rotterdam und Den Haag zu erstellen, war insbesondere die Frage, ob diese Verbindung als Kabel oder als Freileitung ausgeführt werden sollte, Gegenstand eingehender Studien. Der Vorzug einer Kabelverbindung braucht von mir nicht näher beleuchtet zu werden. In Holland, wo man unterhalb von 50 kV praktisch keine Freileitung hoher Spannung findet — von den gesamten Hochspannungsleitungen unter 50 kV sind hier knapp 3 % als Freileitung ausgeführt — ist man sich stets der Vorteile des Kabels wohl bewußt gewesen. In Gegenden mit dichter Bebauung, wo viele Wasserkreuzungen vorkommen und wo schlechter Baugrund das Erstellen zuverlässiger Mastfundamente besonders schwierig macht, kommt ein Kabel schnell in Vorteil. Im vorliegenden Falle, wo außerdem die Kabel unter sehr günstigen Umständen in dem Reichsweg verlegt werden konnten, sprach noch eine andere Tatsache für die Wahl einer Kabelverbindung: die große Nähe der See, die es bei dem holländischen Klima nötig macht, auch die Möglichkeit des Auftretens von Salzstürmen zu beachten. Diese Erscheinung ist seit langer Zeit bekannt; ihre Häufigkeit nimmt in dem Maße ab, wie die Entfernung von der See zunimmt, aber selbst im Rheinland machen sie sich ab und zu noch bemerkbar und verursachen dort beim Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk noch Schwierigkeiten.

Die praktische Frage, die beantwortet werden mußte, lautete also wie folgt:

1. Ist es technisch zu verantworten, im Hinblick auf die hohen Anforderungen, die in diesem Falle an die Betriebssicherheit gestellt werden müssen, die 150 kV-Verbindung als Kabel auszuführen?
2. Ist eine solche Kabelverbindung nicht mit zu hohen finanziellen Opfern verbunden?

Die Südholländische Kommission, welche den Auftrag hatte, die wirtschaftliche und betriebssichere Stromerzeugung für die Provinz Südholland zu studieren, hatte ebenfalls großes Interesse an der Beantwortung obenstehender zwei Fragen und hat darum ihrerseits einen Auftrag zu dieser Untersuchung veranlaßt, der gemeinsam von der Provinz Südholland und den interessierten südholländischen Gemeindebetrieben finanziert wurde. Diese Untersuchung wurde dem holländischen Prüfamt in Arnhem (Kema) aufgetragen. Dieses Institut hatte somit also die Aufgabe, eine Reihe von Erörterungen anzustellen, um festzustellen, ob ein Kabel für 150 kV — angefertigt nach dem augenblicklichen Stand der Technik — als genügend betriebssicher erachtet werden könne. Zunächst stellte man sämtliche Bedingungen zusammen, denen ein

a Jutebedeckung; c Papierschichten mit Bitumengüssen; d Bleimantel; e Ölkanal; f Papierisolierung; g Leiter; i Stahlbandwendel

Abb. 1. Ölkabel, 240 mm², 150 kV.

solches Kabel genügen mußte; um dies Programm in eine greifbare Form zu bringen, wurde es in die Form eines vorläufigen Lastenheftes für eine Kabelverbindung gegossen.

Ein glücklicher Umstand war es, daß die Kabelkommission der CIGRE eine wertvolle Studie über diese Fragen in Arbeit hatte und das Comité préparatoire dieser Kommission sich bereit fand, das Patronat über die Prüfung zu übernehmen. Man kann also annehmen, daß die Bedingungen, die in dem vorläufigen Lastenheft gestellt worden sind, durch die Mitglieder dieses Komitees als recht anerkannt worden sind. In dem vorläufigen Lastenheft wurde den Lieferanten große Freiheit gelassen be-

*) Nach einem Vortrag, gehalten vor der Abteilung für Elektrotechnik und technische Naturkunde des Königl. Instituts von Ingenieuren am 21. 9. 38 zu 'sGravenhage. Kurzer Auszug des Vortrags G. J. T. Bakker in De Ingenieur 1938, H. 45, Elektrotechniek 12.

züglich der verschiedenen Richtungen, die durch die Konstrukteure zur Erreichung des Zieles eingeschlagen werden konnten. So war man frei in der Wahl von zwei Drehstromkabeln oder vier Einphasenkabeln und ebenso in der vorzuschlagenden Kabelart. Nur wurde bezüglich der Abmessungen verlangt, daß das Kabel seine größte Wirtschaftlichkeit bei 50 000 kW Übertragungsleistung und einem $\cos\varphi$ von angenähert 0,95 haben sollte. Es sollte mit einem jährlichen Transport von 200 Mill kWh gerechnet werden, was bei der angenommenen Belastung von 50 000 kW einer Betriebszeit von 4000 h gleichkommt. Als Zeit für die Errechnung der Kupferverluste wurden 2500 h bei 50 000 kW Last angesetzt. Als Kosten wurden zugrundegelegt 20 Gulden je installiertes Kilowatt und 0,004 Gulden je kWh.

Was das technische Untersuchungsprogramm betrifft, so wurde festgelegt, daß ein Muster von 100 m Länge, versehen mit Endverschlüssen und Verbindungsmuffen, verschiedenen Prüfungen unterworfen werden sollte, wovon ich hier besonders die Stabilitätsprüfung nennen will. Danach sollten die Kabel in der üblichen Weise in Erde verlegt und 200 Erwärmungszyklen ausgesetzt werden, und die dielektrischen Verluste sollten kalt, warm und nach Abkühlung gemessen werden. Als Temperaturerhöhung wurde hierbei das 1,2fache der normalen Temperaturerhöhung angestrebt und um dies angenähert zu erreichen, die Prüfung mit dem 1,1fachen des Vollaststromes ausgeführt. Die praktische Durchführung dieser Stabilitätsprüfung sollte so erfolgen, daß sowohl während des Sommers als auch während des Winters gemessen wurde, also sowohl bei hoher als auch bei niedriger Umgebungstemperatur des Erdbodens.

Die Verbindungsmuffen mußten mit einer Einrichtung zur Messung der dielektrischen Verluste ausgerüstet werden. Eine solche Einrichtung schien von großem Nutzen in der Praxis zu sein, da durch den Verlauf der dielektrischen Verluste eventuelle Fehler schon vorher angezeigt werden können.

Einer Anzahl von Kabelfabriken ist dann Gelegenheit gegeben worden, ein Muster des von ihnen empfohlenen Kabeltyps den oben angegebenen Prüfbedingungen unterwerfen zu lassen, und so konnte im Sommer des Jahres 1935 mit der Untersuchung begonnen werden. Ausführlich ist über die Versuche in Arnhem in dem Bericht gelegentlich der CIGRE-Tagung in Paris 1937 berichtet worden[1]). Das Ergebnis der Prüfung war, daß man die Überzeugung gewann, daß eine Kabelverbindung von 150 kV technisch zu verantworten war. Darüber hinaus schien im vorliegenden Falle ein Kabel auch wirtschaftlich tragbar im Hinblick auf die Kosten des gesamten Objekts, umfassend die Verbindung und die Transformatorenstation, insofern, als die Kabellänge von 22 km nicht sehr lang war und deshalb die höheren Kabelkosten keine so ausschlaggebende Rolle spielten. Wenn man nun eine Kurve auftrug, worin der Verlauf der gesamten Jahreskosten einer Kabelverbindung als Funktion der Kupferquerschnitte angegeben wird, d. h. also sowohl Kapital- als auch Verlustkosten, dann sieht man, daß für diese hohe Spannung die Kurve recht flach verläuft. Aus diesem Grunde sind wir mit der Wahl des Kupferquerschnitts etwas höher gegangen als es nötig war, um 50 000 kW mit größter Wirtschaftlichkeit zu übertragen, und haben einen Querschnitt von 240 mm² gewählt. Hierdurch haben wir — bei sehr geringen zusätzlichen Kosten — ein Kabel gewählt, das dauernd eine Last von 100 000 kW übertragen kann.

Wir sind so zur Wahl eines Systems von vier Einleiterkabeln mit 240 mm² Kupferquerschnitt gekommen, wovon eines als Reserve dient. Nach reiflicher Abwägung aller technischer und wirtschaftlicher Faktoren ist für die Verbindung in Rotterdam–Den Haag die Wahl zugunsten des Ölkabels System Emanueli ausgefallen (Abb. 1). Der Auftrag zur Herstellung dieser Kabel wurde der AEG erteilt.

Es seien hier einige für die Herstellung der Kabel kennzeichnende Bilder eingefügt. Das Aufbringen der Papierisolation auf den aus Cu-Flachdrähten über einer Stützwendel aus Stahl aufgeseilten Leiter erfolgte trotz ihrer großen Stärke von etwa 18 mm in einem Zuge (Abb. 2). Dies erwies sich als äußerst vorteilhaft insofern, als weder Falten, noch Längs- oder Querrisse, die in bestimmtem Ausmaß zugelassen waren, gelegentlich der Abwicklung nach erfolgter Biegeprobe feststellbar waren. Die Kabel wurden, wie es für Ölkabel des erwähnten Systems üblich ist, nach der Trocknung verbleit und bereits in der Fabrik nach langer und weitgehender durch Erwärmen unterstützter Evakuierung imprägniert (siehe Abb. 3). Es liegt auf der Hand, daß ein solches Vorgehen eine der Bedeutung des Kabels entsprechende Sicherheit hinsichtlich der Güte der Trocknung und Tränkung und damit der Zuverlässigkeit des Kabels gewährleistet.

Abb. 2. Isoliermaschine.

Mit der Anfertigung der Ölkabel hat man etwa Mitte Oktober 1937 begonnen. Die Fabrikation hat einen glatten Verlauf genommen, und es wurden alle Kabellängen gemäß dem vorgesehenen zeitlichen Verlegungsprogramm an der Montagestelle abgeliefert. Während der Fabrikation wurde eine fortlaufende Kontrolle ausgeübt und alle Längen wurden vor Verlassen der Fabrik wie folgt geprüft: 1. mit einer Wechselspannung von 220 kV bei 50 Hz während der Dauer von 15 min; 2. auf dielektrische Verluste innerhalb der Spannungsgrenzen 0,5 und 2,5 × Phasenspannung (die hier gleich 90 kV gesetzt wurde); 3. bei 10 % aller Kabeltrommeln wurden bei Raumtemperatur, nach Erwärmung auf 60 ° und nach Wiederabkühlung je eine Verlustcharakteristik aufgenommen; 4. der Kupferwiderstand, der Isolationswiderstand und die Kapazität wurden in der üblichen Weise gemessen. Bei all diesen Prüfungen konnte eine große Gleichmäßigkeit des Fabrikats festgestellt werden.

Zum Nachweis, daß die Kabel auch bei längerer Spannungseinwirkung eine ausreichende Durchschlagfestigkeit besitzen, wurde ein Stück des Kabels 100 h lang einer Wechselspannung von 260 kV, 40 h lang einer Spannung

1) CIGRE-Ber. 229, Paris 1937.

von 300 kV und während 10 min einer Spannung von 350 kV bei einer Periodenzahl von 50 Hz unterworfen. Wir hatten zunächst erwogen, noch eine Prüfung mit 500 kV effektiver Wechselspannung während der Dauer von 1 min auszuführen. Doch im Hinblick auf die Kabelenden schien dieser Versuch schwierig durchführbar. Wir haben deshalb diese Prüfung durch eine Stoßprüfung mit 700 kV Scheitelwert ersetzt.

Weiterhin wurde eine Biegeprobe ausgeführt, wobei ein Stück des vollständig fertiggestellten Kabels bei einer Temperatur zwischen etwa 10 und 15 °C entlang 3 um 120 ° versetzten Erzeugenden des Mantels insgesamt dreimal um einen Dorn vom 20fachen des Außendurchmessers des Kabels gewickelt wurde. Nach dieser Behandlung wurde zwischen Leiter und Bleimantel eine Spannung von 350 kV während der Dauer von 10 min angelegt. Im Anschluß hieran wurde das Kabel abgewickelt und die Lagen mit dem erwähnten Ergebnis mechanisch untersucht. Von den Muffen — sowohl der Normal- als auch der Sperrmuffe — wurden ebenfalls die dielektrischen Verluste bestimmt, indem man beide in ein mit Endverschlüssen versehenes Kabelstück einfügte. Dieses wurde zunächst einer Serie von Spannungsstößen mit 700 kV unterworfen und dann zur Ermittlung der Durchschlagsfestigkeit bei längeren Spannungs - Einwirkungen in der oben beschriebenen Weise geprüft.

Abb. 3. Tränkanlage für Ölkabel.

Bezüglich des Legens der Kabel seien folgende Einzelheiten mitgeteilt: Die Kabel, die zu einem großen Teil neben dem Reichsweg liegen, wurden durchweg von einem vierachsigen von einer Zugmaschine vorwärts bewegten Kabelwagen unmittelbar in den Kabelgraben eingerollt. Dies Einrollen geschah über einen Ausleger (Abb. 4). Die gesamte Kabelstrecke von etwa 4 · 22 km setzt sich aus etwa 170 Teillängen zusammen, d. h. die mittlere Haspellänge betrug etwa 500 m. Neben einer Reihe kürzerer Längen, die dort Verwendung fanden, wo die Voraussetzungen für die Verlegung ungünstig waren, wurden an günstigen Stellen der Trasse eine große Anzahl Lieferlängen von etwa 700 m (15,3 t Gewicht) ohne Schwierigkeiten verlegt. Die vier Kabel liegen — nur durch dünne Platten, die als Flammschutz dienen, und eine dünne Sandschicht getrennt — nebeneinander in einem gemeinsamen Graben (Abb. 5). Drei dieser Kabel, die normalerweise als Drehstromübertragungssystem dienen, sind mehrfach miteinander gekreuzt. Das vierte, das als Reservekabel dient, liegt gerade gestreckt daneben. Als mechanischer Schutz der Kabel dienen einander überlappende Betonplatten.

Abb. 4. Kabelverlegung.

Man hat überlegt, ob es nicht besser sei, alle vier Kabel untereinander zu kreuzen, doch man entschied sich, ungeachtet der geringen Unsymmetrie im Notbetrieb, nur drei Kabel in die Verdrillung einzubeziehen, weil hierdurch der mittlere Abstand und damit die Zusatzverluste verringert wurden. Für die Entscheidung war weiterhin maßgebend, daß so das vierte Kabel günstiger für seine evtl. gleichzeitige Verwendung als Reservekabel für ein zweites aus drei Einleiterkabeln bestehendes Drehstromsystem lag.

Die Kabel sind zum größten Teil ohne Armierung ausgeführt, nur da wo mechanische Kräfte auftreten können, beispielsweise bei Wasserkreuzungen, sind sie armiert. Diese Armierung befindet sich ausschließlich an den auf Zug beanspruchten Teilen der Fabrikationslänge. Zum Zwecke der automatischen Umschaltung auf das Reservekabel sowie zur Signalisierung des Öldrucks und zur Sicherstellung einer guten telephonischen Verbindung zwischen den Stationen ist ein Hilfskabel oberhalb der vier Hochspannungskabel verlegt. Dieses liegt in Schlangenlinie, damit die durch das Einleitersystem induzierten Spannungen auf einen möglichst geringen Wert herabgedrückt werden.

Unter den vorliegenden Verhältnissen war es zweckmäßig, die gesamte Strecke von 22 km in 14 Abschnitte zu unterteilen, d. h. außer der Ölspeisung von den Enden her 13 Zwischenspeisestellen vorzusehen. Die Trennung bezüglich der Ölspeisung, die bei allen Teilstrecken von beiden Enden her vorgenommen wird, geschieht durch sogenannte Sperr-Speise-Muffen. Diese Sperrmuffen befinden sich, übersichtlich angeordnet, in dem Kellergeschoß der für die Aufnahme der Speisebehälter dienenden Speisehäuschen (Abb. 6); zu ebener Erde befinden sich hier zur

Rechten und Linken eines Ganges die Speisegefäße, die in bekannter Weise mit barometerartigen Membrandosen angerüstet sind. An der der Eingangstür gegenüber liegenden Wand erlaubt eine Tafel mit 8 Manometern mit einem Blick den Druckzustand der in dem Häuschen ankommenden und abgehenden Kabel zu kontrollieren (Abb. 7). Die Endverschlüsse in den Stationen Haag und Rotterdam sind mit Rücksicht auf das holländische Klima als kittlose Freiluft-Endverschlüsse ausgeführt, die sich von den üblichen Endverschlüssen nur durch eine im Innern des Kopfes untergebrachte Ventil-Anordnung für die Verbindung des Ölkanals mit dem Endverschluß-Innern unterscheiden (Abb. 8). Die hier angeschlossenen Speisegefäße sind im Kellergeschoß der Schaltanlage untergebracht.

Der große Ladestrom, den die Kabel bei der vorliegenden hohen Spannung aufnehmen, wird bekanntlich

Abb. 5. Kabelgraben.

zweckmäßig kompensiert. Es handelt sich hier um eine Blindleistung von rd. 1500 kVA/km Drehstromsystem, also um 33 000 kVA für die rd. 22 km lange Übertragungsstrecke. Es war verlockend, diese Kompensation unmittelbar bei 150 kV zu bewirken, indem man zu jedem Einphasenkabel eine Drossel parallel geschaltet hätte. Bei einer etwaigen Störung am Kabel oder der Kompensationsspule hätte man dann jede Ader einschließlich ihrer Kompensationsspule als Einheit behandeln können. Dies schien jedoch nicht so einfach zu sein, weil dann eine solche Gleichmäßigkeit der Kompensationsspulen hätte verlangt werden müssen, wie sie bei der Fabrikation praktisch kaum erreichbar schien; bereits bei kleinen Unterschieden wäre eine erhebliche Verschiebung des Sternpunktes aufgetreten. Demzufolge hat man sich dazu entschlossen, die Ladestrom-Kompensation auf der 25 kV-Seite durch Drehstromspulen vorzunehmen. Die Haupttransformatoren 150/25 kV mußten deswegen um ein Geringes vergrößert werden, und zwar von 50 MVA auf 52,5 MVA.

Es sind insgesamt vier Drehstromspulen von etwa 11 MVA je Spule aufgestellt, so daß eine Drehstromspule in Reserve steht, zwei dieser Spulen stehen in Rotterdam, zwei in 'sGravenhage.

Im Hinblick auf das Umschalten auf das Reservekabel und wegen des Löschens des Erdschlußlichtbogens, worauf wir insbesondere deshalb Rücksicht nehmen

Abb. 6. Speise-Sperr-Muffen.

müssen, weil die Verbindung dereinst mit Freileitung fortgeführt werden wird, sind zwei Erdschluß-Kompensationsspulen aufgestellt, von denen jeweils eine in jeder der zwei Stationen eingebaut ist. Sie sind bemessen für einen Zwei-Stunden-Betrieb und haben eine Blindleistung von 16,5 MVA je Spule.

Besondere Erwähnung verdient für eine derart belangreiche und kostbare Kabelverbindung die Korrosionsgefahr. Zu dieser Frage sei mitgeteilt, daß man vorläufig nicht zur elektrischen Drainage geschritten ist. Man hat sich vielmehr bemüht, durch Isolieren das Eintreten von vagabundierenden Strömen in die Bleimäntel zu begrenzen. Deshalb hat man das Kabel selbst oberhalb des Bleimantels erst mit einer Bitumenlage, dann mit einer größeren Anzahl durch Bitumen gut miteinander verklebter Papierlagen und darüber schließlich mit einer Lage asphaltierter Jute versehen. Bei der Kreuzung von Eisen- und Straßenbahnen sowie anderer Kabel oder Rohrleitungen wurden die Kabel, abgesehen davon, daß sie in Eternitrohren liegen, zusätzlich noch mit Hessianband und Bitumengüssen abgedichtet.

Abb. 7. Öltanks und Manometertafel.

Die Muffen, die in der Erde liegen, wurden ebenfalls erst bituminiert, dann abwechselnd mit Hessianbändern umwickelt und mit Asphaltlagen versehen. Bei jedem Satz von vier Muffen sind die Muffen unter sich gut miteinander verbunden. Die Verbindung selbst ist wiederum mit einer isolierenden Lage umwickelt. Die Sperrmuffen wurden isoliert aufgestellt und die Kabel isoliert in die Speisehäuschen eingeführt. An den Stellen, wo keine anderen Leitungen in der Nähe sind, wurden die Muffen geerdet, die übrigen im normalen Betrieb nicht. Eine Erdungsmöglichkeit ist aber trotzdem vorgesehen. In den Stationen Rotterdam und Den Haag wurden die Bleimäntel der Einleiterkabel geerdet, mit den Bleimänteln der anderen Hochspannungskabel, die hier ankommen, sowie der Petersenspule verbunden.

Abb. 8. Einleiterendverschlüsse, 150 kV.

Es wurde bereits mitgeteilt, daß bei den Arnhemschen Versuchen die Muffen mit einer Einrichtung für die Messung der dielektrischen Verluste ausgerüstet waren und daß dies bezüglich der Anzeige von Fehlern vorteilhaft wäre. Es war darum verlockend, dieselbe Einrichtung an den Muffen der Anlage anzubringen. Man hat dieses ernstlich erwogen, ist jedoch nach reiflicher Überlegung zu dem Schluß gekommen, daß diese Einrichtung, obwohl geeignet für Systemprüfungen, im Hinblick auf die Sicherheit des normalen Betriebs evtl. Schwierigkeiten bringen könne und hat deshalb von ihrer Anwendung Abstand genommen. Es ist wohl anzunehmen, daß etwaige Schwierigkeiten sich durch eine Veränderung des Kabelölcharakters kennzeichnen. Man hat in diesem Sinn vorgesehen, daß periodisch Öl abgezapft und einer regelmäßigen Kontrolle unterzogen wird.

Im Zusammenhang hiermit sei mir ein allgemeiner Hinweis erlaubt. Bekanntlich ist in den Niederländischen Normalvorschriften für Kabel hoher Spannung der Untersuchung auf dielektrische Verluste ein reichlicher Platz eingeräumt und ein großer Teil der günstigen Entwicklung der Kabeltechnik der letzten Zeit ist m. E. dem Bestreben nach der Verwirklichung von Kabeln zu danken, die bei der Betriebsspannung ionisationsfrei sind. Darum wird bei der Prüfung der Ionisationspunkt bestimmt. Bei einigen modernen Kabeltypen für sehr hohe Spannungen hingegen tritt kein Glimmen mehr auf. Die Kurve der dielektrischen Verluste bei den Ölkabeln beispielsweise zeigt keinen Knick mehr bis hinaus zum 2,5fachen der Phasenspannung. Hier sollte man darum gegebenenfalls nach einem anderen Kriterium für die Güte suchen.

Es liegt m. E. noch ein weites Feld von Untersuchungsarbeit offen für die Kabelfabrikanten und die Untersuchungslaboratorien. Es sei darum der Wunsch und die Erwartung ausgesprochen, daß man der internationalen Studienkommission, welche auf diesem Gebiet besteht, möglichst bald brauchbare Vorschläge an die Hand gibt. Ich darf wohl annehmen, daß man aus meinen Mitteilungen den Eindruck gewinnt, daß wir uns der Tatsache wohl bewußt gewesen sind, daß das Installieren einer Kabelverbindung von so hoher Spannung zwischen zwei sehr belangreichen Verbrauchszentren eine Extrapolation der bestehenden Erfahrungen über die Technik der Hochspannungskabelverbindungen bedeutet, aber ich hoffe ebenso zuversichtlich, daß wir alle denkbare Vorsorge getroffen haben und durch ein ausführliches Prüfungsprogramm danach getrachtet haben, uns unangenehme Überraschungen in dieser Richtung zu ersparen. So glauben wir denn auch, daß wir genügend Sicherheitsmaßregeln getroffen haben, um mit Vertrauen in die Zukunft blicken zu können.

Zusammenfassung.

Auf Grund eingehender beim holländischen Prüfamt in Arnhem (Kema) an 150 kV-Kabeln verschiedener Bauart durchgeführter Versuche wurden für die zwischen Rotterdam und Den Haag zu bauende Verbindungsleitung Einleiter-Ölkabel gewählt, weil dieser Kabeltyp, wie es auch langjährige gute Erfahrungen beweisen, nach dem heutigen Stand der Technik die beste Gewähr für die Betriebssicherheit der so wichtigen Verbindungsleitung bietet. Die sich vom Frühjahr bis zum Spätherbst des Jahres 1938 erstreckende Fabrikation, Verlegung und Montage nahmen einen reibungslosen Verlauf, so daß nach erfolgter Prüfung der Kabel im November 1938 die Anlage in Betrieb genommen werden konnte.

Fernsprechen, Fernschreiben und Fernsehen über Leitungen.

(Mitteilung aus dem Zentrallaboratorium der Siemens & Halske AG.)

Von F. Strecker, Berlin.

DK 621.394 + .395 + .397

Übersicht. Aus der Entwicklung der Fernmeldetechnik werden einige Hauptlinien herausgegriffen. Vor allem fällt die ausgedehnte Mehrfachausnutzung der Kabel durch Fernsprech-, Fernschreib- und Fernsehkanäle auf. Der Bereich der auf Kabeln übertragenen Frequenzen wurde dabei in kurzer Zeit etwa im Verhältnis 1 : 1000 erhöht. Die hiermit verbundenen Aufgaben für das Fernsprechen wurden in wirtschaftlicher Weise unter gleichzeitiger Verbesserung der Übertragungsgüte gelöst. Für die Übertragung des Fernsehens sind neue Kabelsysteme geschaffen worden. Das Fernschreiben hat durch die Mitbenutzung des Fernsprechnetzes und die Einführung des Fernschreibers starken Aufschwung genommen.

Einleitung.

Die Fernmeldetechnik hat sich in den letzten Jahrzehnten ständig rasch weiterentwickelt. Eine der treibenden Kräfte war der Wunsch nach betriebssicheren Verbindungen zwischen beliebigen Orten der Welt. Anderseits ist das Bemühen erkennbar, auf wirtschaftlichste Weise die Güte der Übertragung zu verbessern, z. B. in Fernsprechsystemen die Verständlichkeit oder die Übertragungsgeschwindigkeit zu erhöhen, oder bei der Rundfunk- und Bildübertragung die Treue der Übertragung zu vervollkommnen. In neuester Zeit sind ferner die Gesichtspunkte des Vierjahresplanes stark hervorgetreten, die gebieten, sparsam mit devisenkostenden Rohstoffen, z. B. Kupfer, umzugehen.

Das Thema kann in kurzer Form nur an Hand einiger Beispiele behandelt werden.

Entwicklung des Mehrfach-Fernsprechens auf Kabelleitungen.

Die in der Einleitung genannten Gesichtspunkte lassen sich deutlich an der Entwicklung der Fernleitungstechnik verfolgen. Der größte Teil des Kapital- und Rohstoffaufwandes für die Übertragungssysteme steckt in den Leitungen. Die Entwicklung hat dazu geführt, daß insbesondere für die langen Fernleitungen erheblich an Kupfer gespart werden kann. Das neuste Mittel hierzu ist die ausgedehnte Anwendung der gleichzeitigen Übertragung mehrerer Gespräche auf einer Doppelleitung. Die Trägerfrequenztechnik auf den Leitungen wurde hauptsächlich gefördert durch das Verlangen nach Leitungen mit hoher Übertragungsgeschwindigkeit und durch den Wunsch nach Leitungen für das Fernsehen. Um diese interessante Entwicklung zu verfolgen, soll zunächst ein kurzer Rückblick auf den Gang der Leitungstechnik[1]) geworfen werden.

Zu Beginn des Fernsprechens zwischen verschiedenen Orten benutzte man zunächst Freileitungen. Je stärker aber der Wunsch nach vielen Leitungen auf einer Strecke wurde, um so größer wurden die Leitungsbündel auf den Masten und um so anfälliger waren die Freileitungsgestänge gegen die Unbilden der Witterung. Um die Betriebssicherheit zu erhöhen, ging man dazu über, unterirdische Kabel zu verlegen, die viele Paare mit dünnen Leitern enthielten. Hierdurch wurde natürlich an Kupfer für die einzelnen Leitungen gespart. Aber dadurch und auch durch den geringen Abstand und die hohe Kapazität der Leitungen wurde die Dämpfung beträchtlich höher, so daß die Reichweite für den Fernverkehr ungenügend war. Infolge der hohen Kapazität waren insbesondere auch die Verluste bei hohen Frequenzen wesentlich größer als bei den tiefen, so daß nur diese mit hinreichender Stärke am Ende der Leitungen ankamen.

Die Dämpfung kann durch künstliche Erhöhung der Induktivität vermindert werden, entweder indem man nach Krarup die Leiter fortlaufend mit Eisendraht bewickelt oder indem man nach Pupin Belastungsspulen in kurzen Abständen einschaltet. Für sinusförmige Ströme ist auf einer verlustfreien Leitung die magnetische Energie gleich der elektrischen, bezogen auf die Längeneinheit, d. h. es ist $L I^2 = C U^2$. Das Verhältnis von Spannung und Strom, der sogenannte Wellenwiderstand, ist also $Z = \sqrt{L/C}$. Wird bei gleichbleibender Kapazität C der Längeneinheit die Induktivität L der Längeneinheit erhöht, so steigt der Wellenwiderstand und die Leistung wird mit kleineren Stromstärken übertragen. Dies gilt auch noch angenähert für Leitungen mit genügend kleinen Verlusten $R I^2$ durch die Stromwärme im Leitungswiderstand R der Längeneinheit. Diese Verluste sinken also durch die Erhöhung der Induktivität und damit fällt auch die Dämpfung, die proportional zu R/Z ist.

Diese Überlegungen geben nur ein rohes physikalisches Bild, das den Feinheiten des Übertragungsvorganges natürlich nicht in jeder Beziehung gerecht wird. Insbesondere gilt es bei der Einschaltung von Spulen nur, solange die Abstände der Spulen hinreichend klein im Vergleich zur Wellenlänge der zu übertragenden Ströme sind. Bei kurzen Wellenlängen wirken die Spulen als punktförmige Scheinwiderstände, die die Übertragung der elektrischen Leistungen verhindern. Durch die Bespulung wird daher die Leitungsdämpfung nur bis zu einer gewissen Frequenz, der Grenzfrequenz, vermindert, darüber hinaus aber erhöht, d. h. die Leitung wirkt wie ein Wellenfilter, das nur tiefe Frequenzen hindurchläßt, ein sogenannter Tiefpaß.

Auch innerhalb des Übertragungsbereiches der Leitung ist die Dämpfung für die verschiedenen Frequenzen nicht gleichmäßig, sondern steigt mit der Frequenz stetig an. Außerdem ist sie noch zu groß, als daß man Sprechströme über beliebige Entfernungen übertragen könnte. Diese Schwierigkeiten wurden durch die Einführung der Verstärker überwunden, die die Dämpfung wieder aufheben und mit Entzerrern verbunden sind, die dafür sorgen, daß die Restdämpfung für alle Frequenzen des gewünschten Bereiches klein und genügend genau gleich ist. Damit schieden der Wirkungsgrad der Übertragung und die Verzerrung als Hindernis für einen weltumfassenden Fernverkehr aus. Aber es traten andere auf.

Da war zunächst die Schwierigkeit, daß sich in Leitungen mit einer großen Anzahl von Zweidrahtverstärkern von selbst Schwingungen erregten, die den Sprechverkehr unmöglich machen. Dieser Schwierigkeit wurde man Herr durch Einführung von Vierdrahtleitungen, die aus zwei Doppelleitungen bestehen, von denen jede für sich Verstärker für eine Sprechrichtung erhält. Diese beiden Leitungen werden nur an ihren Enden miteinander verbunden, so daß nur dort Rückflüsse entstehen können, die aber nicht zur Selbsterregung führen, weil die ganze Vierdrahtschaltung wie ein einziger Zweidrahtverstärker wirkt, in dem als Restverstärkung nur die Differenz der gesamten Verstärkung und der gesamten Leitungsdämpfung wirkt[2]).

[1]) H. F. Meyer, Z. VDI 78 (1934) S. 841.

[2]) F. Lüschen, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 43 (1925) S. 209.

Diese Vierdrahtleitungen sind grundsätzlich geeignet, Fernsprechströme über jede wünschenswerte Entfernung mit genügender Güte zu übertragen. Es stellte sich aber heraus, als man durch Hin- und Herschalten vieler Sprechkreise in einem Kabel sehr lange Verbindungen herstellte, daß die Unterhaltung über solche Leitungen durch die große Laufzeit der elektrischen Vorgänge sehr erschwert wird. Beim Entwurf der bespulten Leitungen hatte man natürlich sparsame Ausführungsformen gewählt, bei denen man eine kleine Dämpfung nur für den Frequenzbereich erhielt, den man zur Sprachübertragung als notwendig erachtete. Dies war der Bereich bis etwa 2600 Hz. Die Grenzfrequenz legte man also nur wenig darüber. Bei hoher Selbstinduktivität ist aber auch die Übertragungsgeschwindigkeit auf einer bespulten Leitung klein, und zwar ist sie bei festgehaltenem Spulenabstand proportional der Grenzfrequenz und damit auch dem ausnutzbaren Frequenzbereich der Leitungen. Abb. 1 zeigt

Abb. 1. Übertragungsgeschwindigkeit verschiedener Leitungen.

als Beispiel die Übertragungsgeschwindigkeit v in Abhängigkeit von der Grenzfrequenz f_0 bei Leitungen nach dem in Deutschland üblichen Belastungssystem. Die für Niederfrequenzübertragung bespulten Leitungen (Punkt N) haben eine Übertragungsgeschwindigkeit von 14 000 km/s. Diese Geschwindigkeit erscheint zunächst außerordentlich groß. Es können aber im Weltverkehr Entfernungen vorkommen, die wesentlich größer sind als 14 000 km, vor allem weil man nicht alle Ämter mit direkten Leitungen verbinden kann. Man muß damit rechnen, daß die Übertragung von einem Teilnehmer zum anderen auf solchen Leitungen 1 bis 2 s dauern kann. Wenn nun der Teilnehmer sofort antwortet, werden 3 bis 4 s vergehen, ehe die Antwort zurückkommt. Unter solchen Umständen verlieren die Teilnehmer, die einander nicht sehen, schnell die Fühlung miteinander. Nachdem der Sprecher ein wenig auf Antwort gewartet hat, fragt er zurück, wird aber verwirrt, wenn inzwischen die Antwort eintrifft und hört dann gewöhnlich auf zu sprechen. Auch der ferne Teilnehmer wird in den meisten Fällen auf den Zwischenruf hin seine Rede unterbrechen, so daß der Fluß der Unterhaltung gestört ist.

Abb. 2 gibt die Ergebnisse von Versuchen wieder, und zwar zeigt sie, bei welchem Teil einer Anzahl von Sprecherpaaren der Gesprächsfluß bei einer bestimmten Übertragungszeit $t_ü$ gehemmt wird[3]). Wie man sieht, wickelten sich die Gespräche einwandfrei ab, wenn die Übertragungszeit kleiner als 0,2 s war. Dagegen wurde der größte Teil der Sprecherpaare, etwa 80 %, bei Laufzeiten von 0,5 s oder mehr gestört. Da die allgemeine Einführung von Leitungen großer Übertragungsgeschwindigkeit das Netz sehr verteuern würde, geht man bis an die zulässige Grenze und hat daher als Höchstwert für die größten Entfernungen 250 ms und für den Verkehr in Europa 200 ms zugelassen. Dabei ist für die Leitungen innerhalb eines Landes der verhältnismäßig große Anteil von je 50 ms vorgesehen, damit man dort die vorhandenen Leitungen weiter benutzen kann. Hiernach verbleiben für die Verbindung zwischen den Ländern 150 oder 100 ms.

Abb. 2. Einfluß der Laufzeit $t_ü$ (in s) auf den Gesprächsfluß.

Diesen Ergebnissen entsprechend hat man zunächst Leitungen eingeführt, die mit Spulen geringer Induktivität belastet sind, die leicht und sehr leicht belasteten Leitungen, die kurz als L- oder S-Leitungen bezeichnet werden. Sie haben, wie aus Abb. 1 ersichtlich, höhere Übertragungsgeschwindigkeit und Grenzfrequenz. Der größere Übertragungsbereich dieser Leitungen gab den Anlaß dazu, sie außer mit den niederfrequenten Gesprächen noch mit trägerfrequenten Fernsprechkanälen auszurüsten. Dadurch erreichte man, daß die Kosten des Kabels sich auf mehrere Gespräche verteilen, so daß diese Verbindungen von gewissen Leitungslängen ab trotz der verbesserten Übertragungseigenschaften und der hohen Kosten für die Endgeräte billiger sind als die niederfrequenten Vierdrahtleitungen.

Wenn man bei bespulten Kabeln den Übertragungsbereich mehr und mehr vergrößern wollte, müßte man die Spulen immer enger setzen. Es wird dann wirtschaftlicher, die Spulen ganz wegzulassen und die Dämpfung nur durch Verstärker zu vermindern. Es ist vorgesehen, solche unbelasteten Leitungen in vielpaarigen Kabeln bis 60 kHz auszunutzen.

Bei diesem Stand der Entwicklung kam der oben schon angeführte weitere Anstoß zur intensiven Mehrfachausnutzung der Kabel von der Seite des Fernsehens her. Für die Fernsehübertragung werden Frequenzbänder mit einer Breite von einigen 1000 kHz notwendig. Hierfür wurden besondere koaxiale Kabel entwickelt, bei denen man aber den unteren Teil des Frequenzbandes schlecht für das Fernsehen ausnutzen kann, so daß man den Bereich bis rd. 1000 kHz für das Fernsprechen freigelassen hat. Wie Abb. 1 zeigt, erreicht die Übertragungsgeschwindigkeit auf den unbelasteten und koaxialen Leitungen schon nahezu die Lichtgeschwindigkeit, mit der man bei Freileitungen und Funksprechkreisen rechnen kann. Zahlentafel 1 enthält außer den in Abb. 1 veranschaulichten Zahlen noch die Reichweite der verschiedenen Verbindungen für die Laufzeiten 50 ms (innerhalb eines Landes)

Zahlentafel 1.

Leitungsart	Grenzfrequenz kHz	Geschwindigkeit in km/ms	Reichweite in km mit Laufzeit 50 ms	100 ms	150 ms
Belastet N	3,4	14	700	1 400	2 100
Belastet L	7,7	35	1800	3 500	5 000
Belastet S	20	105	300	10 500	15 800
U Unbelastet (gewöhnl. Kabel)	—	245	für	24 500	36 800
B Unbelastet (koaxiales Kabel)	—	280	den	28 000	42 000
Freileitung, Funksprechkreis		300	Teil	30 000	45 000
			in einem Lande	zwischen verschiedenen Ländern	

[3]) H. Decker, Europ. Fernsprechdienst (1932) S. 133.

und 100 oder 150 ms (für zwischenstaatliche Fernsprechkreise)[4]).

Danach kann man für die innerstaatlichen Teile langer Verbindungen mit N- und L-Leitungen auskommen, während für lange zwischenstaatliche Verbindungen die sehr leicht belasteten oder unbelasteten Leitungen herangezogen werden müssen.

Abb. 3 zeigt Beispiele dafür, wie die verschieden großen Übertragungsbereiche der einzelnen Leitungsarten mit Gesprächen belegt werden können. Die Zahlen oberhalb der schraffierten Gebiete lassen die Zahl der Kanäle erkennen. Man sieht, daß beim L-System 2, beim S-System 4, beim U-System 12 bis 15 und beim B-System etwa 200 Gespräche auf einer Doppelleitung übertragen werden können.

Abb. 3. Anordnung der Sprechkanäle im Übertragungsbereich von Fernkabelleitungen.

Da die Leitungskosten weniger rasch ansteigen als die Breite des Übertragungsbereiches, entfällt im allgemeinen ein um so geringerer Anteil dieser Kosten auf das einzelne Gespräch, je mehr Gespräche auf einer Leitung übertragen werden. Die Kosten der Endeinrichtungen sind bei den Trägerstromkreisen höher als bei den Niederfrequenzkreisen. Von einer gewissen Länge ab werden die Trägerstromkreise billiger als die Niederfrequenzkreise[5]).

Noch klarer tritt der Vorteil bei Betrachtung des Aufwandes an Rohstoffen hervor, wie Zahlentafel 2 zeigt[5]).

Zahlentafel 2. **Kupferbedarf je Sprechverbindung.**

Art der Leitung	Kupferbedarf kg/km
Freileitung, 3 mm, 1 Gespräch	96
Kabelleitung, 0,9 mm (L), 2 Gespräche	7,6
Kabelleitung, 1,4 mm (S), 4 Gespräche	14
Kabelleitung, 1,2 mm (U), 12 Gespräche	3,5
koaxiales Kabel (B) 200 Gespräche	1

Von der etwa im Jahre 1910 üblichen Freileitung bis zum heutigen B-System ist also der Kupferbedarf fast auf $^1/_{100}$ gesunken. Dieser Fortschritt läßt sich natürlich nur dort voll ausnutzen, wo große Leitungsbündel auf längere Strecken notwendig sind.

Nach Abb. 3 ist für jedes Gespräch nur ein Raum von 3 oder 4 kHz vorhanden. Die Gespräche liegen also sehr dicht nebeneinander. Um das möglich zu machen, war eine erhebliche Entwicklungsarbeit nötig. Zunächst muß das Frequenzband der Sprache aus seiner natürlichen Lage in eine höhere und wieder zurück verschoben werden. Dies geschieht durch Modulation oder Frequenzumsetzung. Es wäre aber nicht möglich, in so schmalen Frequenzbereichen Gespräche mit genügender Verständlichkeit zu übermitteln, wenn man wie im Rundfunkbetrieb den Träger und beide Seitenbänder aussenden würde. Dadurch, daß man sich auf ein Seitenband beschränkt, setzt man die notwendige Bandbreite auf die Hälfte herab, oder, anders gesagt, man kann bei gleicher Kanalbreite ein doppelt so breites Band von Sprachfrequenzen übertragen. Ferner war es nötig, die Technik der elektrischen Filter und Weichen sehr gut durchzubilden. Zur Frequenzumsetzung braucht man nichtlineare Elemente, die also an dieser Stelle sehr segensreich wirken, während sie an anderen Stellen großes Unheil stiften können. Die Beherrschung der nichtlinearen Eigenschaften spielt daher eine große Rolle in der Technik der gleichzeitigen mehrfachen Übertragung.

Die Bedeutung nichtlinearer Elemente.

Die Sprache besteht nicht aus andauernden sinusförmigen Vorgängen. Außer den Obertönen, die z. B. bei den Vokalen die Grundschwingungen begleiten, entstehen bei den Übergangsvorgängen und Konsonanten Schwingungen aus dem gesamten Frequenzbereich mit mehr oder weniger großen Amplituden. Die wichtigsten Schwingungen liegen zwischen rd. 100 und 10 000 Hz. Die bisherigen Erfahrungen hatten dazu geführt, daß man auf wirtschaftliche Weise eine gute Verständlichkeit sicherstellen kann, wenn man die Schwingungen zwischen 300 und 2600 Hz überträgt.

Um dieses Band in eine andere Lage zu verschieben, muß man eine Schwingung anderer Frequenz hinzufügen und das Gemisch nichtlinear verzerren. Wir wollen eine Frequenz f_n des Sprachgemisches betrachten und die zugefügte Frequenz mit f_h bezeichnen. Wenn das Gemisch dieser beiden Schwingungen über ein nichtlineares Gebilde, z. B. über eine Elektronenröhre oder einen Trockengleichrichter, geschickt wird, so entstehen Kombinationsschwingungen mit Frequenzen der Form $pf_h + qf_n$, worin p und q ganze Zahlen sind. Bei der gewöhnlichen Modulation benutzt man hiervon die drei Frequenzen $f_h + f_n$, f_h und $f_h - f_n$, wobei man f_h als Trägerfrequenz bezeichnet, während aus den beiden anderen das obere und untere Seitenband hervorgeht, wenn man f_n durch das Gemisch der Sprachfrequenzen ersetzt. Die übrigen Kombinationsfrequenzen werden durch elektrische Filter oder auch durch Gegentaktschaltungen und andere Hilfsmittel unterdrückt. Will man nur ein Seitenband übertragen, so unterdrückt man noch die Trägerfrequenz und z. B. das untere Seitenband, siebt also $f_h + f_n$ allein heraus. Der Begriff der Trägerfrequenz und ihrer Änderung oder Modulation verliert dann seine Bedeutung. Denn einer konstanten sinusförmigen Schwingung mit der Sprachfrequenz f_n entspricht jetzt eine ebenfalls konstante Sinusschwingung mit der verschobenen Frequenz $f_h + f_n$. Man spricht daher besser, statt von einer Modulation, von einer Frequenzumsetzung. Um das verschobene Band wieder herunterzuholen, macht man eine gleichartige Frequenzumsetzung, bei der man die Kombinationsfrequenz $(f_h + f_n) - f_h = f_n$ heraussiebt.

Zur Frequenzumsetzung braucht man nichtlineare Elemente, im allgemeinen versucht man jedoch die nichtlineare Verzerrung in den Sprechkreisen möglichst zu vermeiden. Solange sie sich nur in einem Sprechkreis auswirkt, ist ihr Einfluß auf die Verständlichkeit verhältnismäßig gering. Man kann die Nichtlinearität auf verschiedene Weise untersuchen, z. B. indem man die Kombinationstöne zweier Schwingungen, die man auf den Eingang gebracht hat, mit den ursprünglichen Schwingungen vergleicht. In vielen Fällen genügt es, die

[4]) C C I F, Weißbuch (1936) Bd. 1bis, S. 87, 137 und 157.
[5]) F. Lüschen u. K. Küpfmüller, Europ. Fernsprechdienst (1938) S. 301.

Obertöne zu messen, die durch eine einzige Sinusschwingung hervorgebracht werden. Man bezeichnet das Verhältnis des Effektivwertes der Oberschwingungen zu dem Effektivwert der Grundschwingung als Klirrfaktor. Abb. 4 zeigt nun z. B., wie die Silbenverständlichkeit in einem Fernsprechkreis mit gewöhnlichen Fernsprechapparaten

Abb. 4. Verständlichkeit und Klirrfaktor (in %), *a* mit gewöhnlichen Fernsprechapparaten, *b* mit verzerrungsfreiem Mikrophon und Telephon.

(Kurve *a*) und mit verzerrungsfreien Mikrophonen und Telephonen (Kurve *b*) mit wachsendem Klirrfaktor abnimmt[6]). Der zweite Fall entspricht etwa der hochwertigen Übertragung von Rundfunknachrichten. Dieser Sprechkreis ist viel empfindlicher gegen nichtlineare Verzerrungen Man sieht aber, daß man trotzdem vom Standpunkt der Verständlichkeit noch ziemlich hohe Klirrfaktoren zulassen kann. Bedenklicher ist bei hochwertiger Übertragung die Verschlechterung des Klanges, die besonders bei der Musikübertragung durch unharmonische Differenztöne, z. B. bei Duetten, entsteht. Man fordert daher von Rundfunkleitungen große Verzerrungs-

a Bauart 1929
b Bauart 1934
k_n Klirrfaktor der *n*ten Oberschwingung

Abb. 5. Klirrfaktor *k* von Rundfunkübertragungsleitungen in Abhängigkeit von der Frequenz.

freiheit. Abb. 5 zeigt, welche erhebliche Fortschritte in dieser Beziehung gemacht worden sind[7]). Oben ist der Klirrfaktor einer 640 km langen Leitung der Bauart 1929, unten der einer 1080 km langen Leitung der Bauart 1934 dargestellt, gemessen bei der höchsten Nutzspannung von 4 V.

Ganz anders liegt der Fall bei nichtlinearen Verzerrungen in Fernsprechkreisen mit Mehrfachausnutzung, wenn die verzerrenden Elemente verschiedenen Sprechkreisen gemeinsam sind. Dies gilt insbesondere für die gemeinsamen Zwischenverstärker der Trägersysteme und für die Spulen der leicht und sehr leicht belasteten Leitungen. Die Schwierigkeiten erhöhen sich mit der Anzahl der gemeinsam übertragenen Gespräche und mit der Anzahl der in der ganzen Verbindung liegenden Spulen oder Verstärker[8]). Die Störung entsteht dadurch, daß natürlich auch hier aus verschiedenen Frequenzen Kombinationsfrequenzen entstehen, so daß in der oben beschriebenen Weise Frequenzumsetzungen stattfinden. Hierdurch werden z. B. die Frequenzen aus zwei bestimmten Kanälen in andere Lagen verschoben, die bereits von anderen Nachrichtenkanälen besetzt sind, in denen sie dann als Störgeräusche oder nichtlineares Nebensprechen hörbar sind. Ein Teil der Mittel, die nichtlineare Verzerrungen herabsetzen, wurde schon bei den Verstärkern für die Rundfunkleitungen bei der Bauart 1934 angewendet, nämlich die Überanpassung und die Kompensation. Bei der Überanpassung nutzt man die Tatsache

Abb. 6. Wirkung der Gegenkopplung.

aus, daß die in einer Verstärkerröhre erzeugte EMK verhältnismäßig verzerrungsfrei ist. Infolgedessen ist der Anodenstrom um so weniger verzerrt, je höher der lineare Belastungswiderstand im Vergleich zum nichtlinearen Innenwiderstand der Röhre ist. Bei der Kompensation wirken die Krümmungen zweier hintereinander oder in Gegentakt geschalteter Röhren einander entgegen, wobei man im ersten Fall die Schaltung so zu dimensionieren versucht, daß die Verzerrungen der aufeinanderfolgenden Stufen günstig aneinander angepaßt sind. Mit diesen Mitteln erreichte man für die Rundfunkverstärker einen Klirrfaktor unter 1 %[9]) und erzielte damit das in Abb. 5 dargestellte Ergebnis für lange Leitungen.

Um sehr hohe Verzerrungsfreiheit zu erzielen, wendet man in neuerer Zeit die Gegenkopplung[10]) an. Ihre Wirkung beruht darauf, daß man vom Ausgang des Verstärkers verzerrte Spannung zum Eingang zurückführt und dort der verzerrungsfreien Eingangsspannung entgegenschaltet. Dadurch erreicht man, daß auf das Gitter der Verstärkerröhre die stark verzerrte Differenzspannung wirkt, weil sich der unverzerrte Anteil der Eingangsspannung zum großen Teil heraushebt. Diese verzerrte Eingangsspannung ist nun geeignet, eine wenig verzerrte Ausgangsspannung zu erzeugen. Abb. 6 erläutert den Vorgang in einem von K. Küpfmüller stammenden Schema. Nach dem linken Teil des Bildes wird durch eine sinusförmige Gitterwechselspannung eine stark verzerrte Anodenspannung erzeugt. Das rechte Teilbild zeigt, daß man, um eine nahezu sinusförmige Anodenspannung

[6]) F. G. Lüschen, Telegr.-Fernspr. u. Funktechn. 25 (1936) S. 27.
[7]) H. Ribbeck u. F. Strecker, Europ. Fernsprechdienst (1937) S. 108.
[8]) F. Strecker, Hochfrequenztechn. 49 (1937) S. 165. E. Hölzler, Hochfrequenztechn. 52 (1938) S. 137.
[9]) L. Fenyö u. K. Bär, Telegr.-Fernspr. u. Funktechn. 23 (1934) S. 29.
[10]) H. S. Black, Bell. Syst. techn. J. 13 (1934) S. 1. H. Nyquist, Bell. Syst. techn. J. 11 (1932) S. 126.

zu erhalten, eine stark verzerrte Gitterspannung braucht. Diese wird, wie das Schaltbild erkennen läßt, als Differenz der unverzerrten Spannung U_1 und der schwach verzerrten Spannung U_2 gebildet. U_1 und U_2 müssen wesentlich größer sein als U_g, wenn die Wirkung beträchtlich sein soll. Man muß also bei der Schaltung mit Gegenkopplung hohe Eingangsspannung aufwenden, um die gleiche Anodenspannung zu erzielen, wie ohne die Gegenkopplung, d. h. die Verstärkung sinkt. Man erreicht auf diese Weise Klirrfaktoren unter 0,1 %[11]), so daß man auch bei der gemeinsamen Verstärkung sehr vieler Gespräche die gegenseitige Modulation nicht zu befürchten braucht. Außerdem hat man noch den Vorteil, daß die Verstärker unempfindlich gegen Schwankungen der Betriebsspannungen und gegen Störströme in der Stromversorgung sind und auch verschiedene Spannungen sehr gleichmäßig verstärken[12]).

U Amplitude
H Häufigkeitssumme
V Silbenverständlichkeit
b_B Bezugsdämpfung
k Klirrfaktor
S Schwelle

Abb. 7. Wirkung des Amplitudenbegrenzers.

Auch diese Art von Linearisierung ist nicht mehr wirksam, wenn man die Röhren bis über den unteren Knick der Anodenstromkennlinie oder bis zum Einsetzen merklicher Gitterströme aussteuert. Man muß daher bei einer gegebenen Röhre die jedem Gespräch zugebilligte Höchstspannung mit wachsender Zahl der Gespräche herabsetzen. Da aber die Spitzenwerte in vielen verschiedenen Gesprächen nicht gleichzeitig auftreten, braucht man die Spannungen nicht umgekehrt proportional zu der Gesprächszahl zu machen[13]). Anderseits kann man diese Schwierigkeiten auch dadurch vermindern, daß man in jedem Gesprächsweg für sich, also solange die Wege noch getrennt sind, die höchsten Spitzenwerte der Sprechströme durch nichtlineare Elemente, die sogenannten Amplitudenbegrenzer, abschneidet[14]).

Abb. 7 zeigt, wie sich in den Sprechströmen die Amplituden ihrer Häufigkeit nach verteilen. Die rechte Kurve des oberen Teilbildes gibt die natürliche Verteilung. Einige seltene Spitzen gehen bis zu etwa 2000 mV. Mit Begrenzern mit verschiedenen Nennwerten der Ansprechschwelle S ergeben sich die weiteren Verteilungskurven. Die anderen Teilbilder zeigen die zu den verschiedenen Schwellwerten gehörige Silbenverständlichkeit V (a für ein verzerrungsfreies System, b für ein System mit gewöhnlichen Sprechapparaten), die Erhöhung der Bezugsdämpfung b_B und des Klirrfaktors k. Wie man sieht, leidet die Verständlichkeit kaum, wenn man die hohen Spannungsspitzen bis auf etwa 1/10 ihres Wertes begrenzt, obwohl dabei ein Klirrfaktor von 20 % entsteht. Das entspricht auch den in Abb. 4 dargestellten Messungen.

Der zu übertragende Frequenzbereich der Sprache.

In letzter Zeit ist die Frage wieder aufgerollt worden, welches Frequenzband man auf Fernsprechleitungen übertragen soll. Sie ist von sehr großer Tragweite, weil die bespulten Leitungen den früher verabredeten Grenzen angepaßt sind und nicht ohne weiteres auf ein breiteres Band umgestellt werden können. Aber auch für neu zu entwickelnde Systeme ist die Frage von einschneidender Bedeutung, weil man natürlich auf einer gegebenen Leitung mit bestimmtem gesamtem Übertragungsbereich um so weniger Gespräche übertragen kann, je mehr Frequenzband man für den einzelnen Kanal braucht.

Den Ausgangspunkt für diese Frage bildeten die Verbesserungen in den neuen Fernsprechapparaten. Es hätte natürlich keinen Zweck, auf den Leitungen tiefe und hohe Frequenzen zu übertragen, wenn sie im Mikrophon nur schwach erzeugt werden oder den Hörer kaum zum Ansprechen bringen. Die neuen Fernsprechapparate sind nun hinsichtlich ihres Frequenzbandes und auch der Linearität wesentlich verbessert worden[15]).

Man ist so bei dem preiswerten Kohlemikrophon geblieben, das nicht nur die akustischen Vorgänge in elektrische umsetzt, sondern außerdem noch die Leistung auf etwa das Hundertfache erhöht. Wirksam sind dabei feine Kohlekörnchen, die eine große Menge von beweglichen Kontakten bilden. Wenn die Membran des Mikrophons infolge des wechselnden Schalldruckes schwingt, werden diese Berührungsstellen verschieden gedrückt, so daß ihr Widerstand sich ändert und damit der durch das Mikrophon fließende Ruhestrom geändert wird. Eingehende Untersuchungen zeigten, daß die Druckänderung nur auf eine recht dünne an der Membran anliegende Schicht von Kohlekörnern übertragen wird und der Rest nur einen Vorwiderstand bedeutet, der den Wirkungsgrad herabsetzt. Bei Verwertung dieser Studien hat man gleichzeitig auch die Resonanzeigenschaften der Membran und der verschiedenen Hohlräume des Mikrophons günstig bemessen, so daß es die verschiedenen Frequenzen gleichmäßiger überträgt.

Die nichtlinearen Verzerrungen der alten Mikrophone sind besonders störend, weil sie mit starken zeitlichen Änderungen der Eigenschaften des Mikrophons verknüpft sind. Der Klirrfaktor ist also nicht konstant. Dadurch zeigt sich eine Art von Nichtlinearität an, die zu kratzendem unangenehmem Klang führt und durch Messung des Klirrfaktors allein nicht erfaßt wird. Während die Größenordnung des Klirrfaktors bei den neuen Apparaten im Mittel noch die gleiche ist, sind die Schwankungen erheblich vermindert worden. Damit wurde die unangenehme Rauhigkeit der Sprache beseitigt.

Ein ebenso wichtiger Schritt ist bei den Fernhörern gemacht worden. Man ersetzte die Eisenmembran durch eine luftgedämpfte Leichtmembran mit einem kleinen Eisenanker und hoher Resonanzfrequenz. Die dadurch entstehende Verminderung des Wirkungsgrades wurde durch zweckmäßige Ausbildung des magnetischen Kreises behoben, so daß man die frühere Lautstärke wieder erreichte.

Das Ergebnis dieser Entwicklung der Mikrophone und Telephone zeigt Abb. 8. Kurve a gilt für den alten, Kurve b für den neuen Apparat. Der durch Schraffierung ausgesparte Bereich zeigt, welche Abweichungen von der gleichmäßigen Übertragung man bisher bei allen langen Fernleitungen als zulässig ansah. Man erkennt, daß bei den Fernleitungen die Übertragung des Bereiches von 300 bis 2600 Hz gefordert wurde und daß der Bereich

[11]) H. Werrmann, Telefunkenztg. 18 (1937) S. 50. E. Buchmann u. K. Barthel, Telegr.-Fernspr. u. Funktechn. 27 (1938) S. 213.
[12]) Zu diesem Zweck wurde die Gegenkopplung schon 1917 von W. Schottky vorgeschlagen (D.R.P. 303 342).
[13]) F. Mayer u. D. Thierbach, Europ. Fernsprechdienst (1938) S. 6.
[14]) F. Strecker, Z. techn. Phys. 17 (1936) S. 568; F. Wiegand, Europ. Fernsprechdienst (1938) S. 373.
[15]) H. Panzerbieter, ETZ 59 (1938) S. 550. H. Jacoby u. H. Panzerbieter, Elektr. Nachr.-Techn. 13 (1936) S. 75. H. Panzerbieter, Europ. Fernsprechdienst (1938) S. 51.

der alten Apparate, abgesehen von der unangenehm wirkenden Resonanzspitze, einigermaßen angepaßt war. Die neuen Apparate übertragen jedoch Frequenzen über 2600 Hz noch ziemlich gut.

Man kann die Frage, welches Frequenzband als ausreichend anzusehen ist, nach verschiedenen Gesichtspunkten beurteilen. Bisher überwog dabei der Gesichtspunkt, daß es für den Teilnehmer hauptsächlich auf die Verständlichkeit, weniger auf klanggetreue Übermittlung ankommt. Wenn die Technik gleichzeitig eine Verteuerung

a alter *b* neuer Apparat

Abb. 8. Dämpfung von Fernsprechapparaten.

mit sich bringt, müßte letzten Endes der Teilnehmer für ein Gespräch mit breiterem Frequenzband mehr bezahlen. Er würde es dann vielleicht lieber sehen, daß man die Bandbreite und damit die Verständlichkeit beibehält und mit dem zur Verfügung stehenden Kapital mehr Sprachkanäle schafft, so daß die Wartezeit bis zur Herstellung eines Gespräches verkürzt wird, als daß bei wenig erhöhter Verständlichkeit die Klanggüte und Natürlichkeit erhöht wird.

Man hat bisher die Frage, welches Frequenzband unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten übertragen werden müßte, in der Hauptsache nach der Silbenverständlichkeit beurteilt. Da man zusammenhängende Sätze viel besser versteht als die bei den Messungen verwendeten sinnlosen Silben, bedeutet die Messung der Silbenverständlichkeit eine scharfe Prüfung. Abb. 9 zeigt die

f Grenzfrequenz

Abb. 9. Silbenverständlichkeit und Frequenzband.

Mittelwerte von einer großen Zahl an verschiedenen Stellen ausgeführten Messungen. Die mit „Hochpaß" bezeichnete Kurve zeigt, wie sich die Verständlichkeit ändert, wenn man nur die Frequenzen über der in der Waagerechten aufgetragenen Frequenz durchläßt. Man sieht, daß durch Erweiterung des Bandes nach unten unter 300 Hz für die Verständlichkeit nichts zu gewinnen ist. Die zweite Kurve („Tiefpaß") zeigt die Verständlichkeit, die man erreicht, wenn man die tiefen Frequenzen bis zu der in der Waagerechten angegebenen Frequenz durchläßt. Bei 2600 Hz hat man auch hier schon das meiste erreicht. Auf jeden Fall müßte man einen beträchtlichen Schritt machen, um die Verständlichkeit wesentlich zu verbessern.

Damit ist nicht gesagt, daß die Erweiterung des übertragenen Frequenzbandes keinen Gewinn in anderer Beziehung bringen würde. Beim Anhören hat man den Eindruck, daß man sich weniger anstrengen muß, um zu verstehen; außerdem klingt mit erweiterten Grenzen die Sprache natürlicher, so daß man z. B. die Stimme eines bekannten Gesprächpartners besser erkennen kann. Um die Bedeutung der übertragenen Bandbreite für die Natürlichkeit festzustellen, wurde untersucht, welche Stufen der Frequenzbanderweiterung gerade bemerkt werden können[16]. Man erhält so in verzerrungsfreien Übertragungssystemen etwa 36 Bemerkbarkeitsstufen, die in Abb. 10, bezogen auf 1500 Hz als Ausgangspunkt dargestellt sind. Danach verliert man durch Abschneiden der tiefen Frequenzen unter 300 Hz etwa 4 bis 5 Stufen, von denen man 3 bis 4 zurückgewinnen kann, wenn man die untere Grenze auf 150 Hz herabsetzt. Die Verluste durch das Abschneiden der hohen Frequenzen über 2600 Hz betragen etwa 12 bis 13 Stufen. Davon gewinnt man 3 Stufen zurück durch Übertragung bis 3400 Hz. Aber selbst auf den Rundfunk-Fernleitungen mit einem Bereich bis 8000 Hz verliert man noch mehr als 2 Stufen.

Abb. 10. Bemerkbare Stufen in der Frequenzbandbreite bei hochwertigen Sprachübertragungssystemen.

Natürlich sind die Verluste weniger deutlich, wenn bereits die Fernsprechapparate merkliche Verzerrung haben.

Besprechungen des CCIF in Oslo im Sommer 1938 führten zu der Empfehlung, bei der Übertragung von 12 Kanälen auf unbelasteten gewöhnlichen Kabeln (*U*-System) die Übertragungsgrenze von 2600 Hz auf 3400 Hz zu erweitern, sofern die Leitungen dem zwischenstaatlichen Verkehr dienen. Die einzelnen Sprachkanäle sollen im Abstand von 4 kHz zwischen 12 bis 60 kHz untergebracht werden. Auch für das *B*-System auf koaxialen Kabeln wurde neuerdings in London ein Frequenzschema verabredet, das für jeden Sprechkanal 4 kHz Raum läßt. Dieses Schema (vgl. Abb. 3 die unterste Linie) hat ebenfalls nur Bedeutung für zwischenstaatliche Fernsprechleitungen. Innerhalb der einzelnen Länder bleibt es den Verwaltungen überlassen, ein schmaleres Band mit z. B. 3 kHz Abstand der Kanäle zu verwenden, um, wenn es zweckmäßig ist, mehr Leitungen zu schaffen und die

[16]) F. Lüschen u. K. Küpfmüller, Jb. elektr. Fernmeldewes. (1937) S. 13; E. Schäfer, Elektr. Nachr.-Techn. 15 (1938) S. 237.

Verkehrsverhältnisse zu verbessern. Die Herabsetzung der unteren Übertragungsgrenze wurde noch nicht empfohlen.

Fernsehen.

Das Fernsehen stellt in mancher Beziehung erheblich höhere Anforderungen an die Übertragungstechnik als das Fernsprechen. Dies kommt zum Teil daher, daß der Bereich der zu übertragenden Frequenzen außerordentlich viel größer ist. Die Fernsehaufnahmegeräte tasten das Bild in Zeilen ab, ähnlich wie das Auge beim Lesen die Zeilen einer Seite nacheinander abtastet. Das Auge kann nun im Vergleich zu seinem Blickfeld außerordentlich viel Feinheiten unterscheiden. Bei der Helligkeit, mit der Fernsehbilder wiedergegeben werden können, beträgt die Sehschärfe ungefähr 1,5 Winkelminuten, d. h. für jeden Winkelgrad kann das Auge noch etwa 40 Streifen verschiedener Helligkeit unterscheiden. Bei der heutigen Fernsehnorm werden 441 Zeilen übertragen, so daß man an das Bild so nahe herantreten kann, daß die Bildhöhe unter etwa 11° erscheint. Nimmt man an, daß die Zeilen in quadratische Bildpunkte zerlegt sind, so steigt die Zahl der Bildpunkte je Bild mit dem Quadrat der Zeilenzahl an, wenn das Verhältnis von Bildhöhe zu Bildbreite gegeben ist. Diese Zahl muß man noch mit der Zahl der in der Sekunde übertragenen Bilder multiplizieren, um die Zahl der je Sekunde zu übertragenden Bildpunkte zu erhalten. Wenn die abgetasteten Bildpunkte abwechselnd hell und dunkel wären, was z. B. bei einem Streifenmuster senkrecht zur Zeilenrichtung der Fall wäre, so würde dem Bildinhalt ein fortgesetztes Springen des Zeichenstromes zwischen zwei Werten entsprechen. Die in diesem Vorgang enthaltene Grundfrequenz ist halb so groß wie die Anzahl der Bildpunkte in der Sekunde. Man kann diese Grundfrequenz, die „Bildpunktfrequenz" als Bezugsfrequenz benutzen. Sie gibt einen gewissen Anhalt dafür, wie breit das zu übertragende Frequenzband sein sollte.

Zahlentafel 3.

Zeilenzahl je Bild		30	100	180	441
Bildpunktfrequenz	MHz	0,01	0,12	0,4	2,4
erreicht im Jahre		1930		1934	1938

Für die heutige Fernsehnorm muß man ein Frequenzband bis etwa 2,4 MHz fordern.

Auf gewöhnlichen unbelasteten Kabeln könnte man so hohe Frequenzen nur auf ganz kurze Entfernungen übertragen. Man braucht hierzu Leiter, die dicker sind, eine größere Entfernung von einander haben und bei denen das Dielektrikum zwischen den Leitern sehr kleine Verluste hat. Die Entwicklung hat gezeigt, daß es zweckmäßig ist, wenn der eine Leiter den anderen umgibt. Bei den in Deutschland hergestellten koaxialen Kabeln[17]) wird z. T. als Isolator ein heimischer Kunststoff, das sogenannte Styroflex, verwendet, das fest und biegsam ist, sich also mechanisch in den Kabelmaschinen gut verarbeitet und sehr geringe dielektrische Verluste hat. Der Innenleiter aus Kupfer ist 5 mm stark. Der Rückleiter kann aus Kupfer oder anderen gutleitenden Stoffen, z. B. Aluminium, bestehen. Er wird aus zwei Halbröhren zusammengesetzt, die durch Einkerbungen (Sicken) biegsam gemacht worden sind und sehr genau gearbeitet werden können, so daß die erforderliche elektrische Gleichmäßigkeit gewährleistet ist.

Abb. 11 zeigt, wie das Frequenzband des Kabels ausgenutzt wird. Die Frequenzen oberhalb des schon erwähnten Bereichs für das Breitbandfernsprechen (B-System) stehen für das Fernsehen zur Verfügung, wobei bei 1 MHz eine Lücke frei bleibt, die es erlaubt, Fernsprechen und Fernsehen durch Filter zu trennen. Der Bereich von 1 bis 4 MHz reicht für die heutige Norm von 441 Zeilen je Bild aus. Für das Fernsprechen werden Verstärker in 30 bis 40 km Entfernung eingesetzt. Für das Fernsehen kommen noch Verstärker in der halben Entfernung hinzu. Die Verstärkerfelder haben dann etwa die gleiche Dämpfung wie die für das Fernsprechen.

Abb. 11. Frequenzbandeinteilung des koaxialen Kabels.

Abb. 12 zeigt das Netz der Fernsehkabel, soweit sie bereits verlegt, im Bau oder geplant sind[18]). Die gesamte Kabellänge wird etwa 3500 km betragen, da stets 2 Kabel verlegt werden. Zur Zeit ist im Fernsehbereich auf der Strecke Berlin—Leipzig—Nürnberg—München ein Kanal für das Gegensehfernsprechen in Betrieb. Ferner sind seit der Frühjahrsmesse 1938 30 Kanäle des Fernsprechbreitbandsystems im Verkehr[19]).

Abb. 12. Deutsches Breitbandkabelnetz.

Bei dieser Technik zeichnet sich ein neuer Grundsatz ab: Während man früher Verstärkerabstände von rd. 140 und 70 km hatte, kommt man jetzt zu 35 und sogar 18 km. Die Verstärkerämter enthalten aber für jede Sprechrichtung nur noch einen einzigen Verstärker für etwa 200 Gespräche und die nötige Reserve. Sie sind damit so einfach geworden, daß man sie von der Ferne mit Strom versorgen, steuern und überwachen kann. Man braucht also bei der Planung der Verstärkerstellen nicht darauf Rücksicht zu nehmen, ob geschultes Personal anwesend ist. Da die Kabel keine Grenzfrequenz haben, kann man sich vorstellen, daß man die Verstärkerfelder nochmals unterteilt und so den Übertragungsbereich noch einmal vervierfacht. Man findet hier also noch einen Vorrat an Möglichkeiten, wie ihn bespulte Leitungen nicht bieten können.

[17]) H. F. Mayer u. E. Fischer, ETZ 56 (1935) S. 1245; W. Kieser, Z. techn. Phys. 16 (1935) S. 629.

[18]) K. Höpfner u. H. F. Mayer, Europ. Fernsprechdienst (1937) S. 102.

[19]) A. Schmid, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 185.

Fernschreiben.

Die Telegraphie hat früher den Fernverkehr beherrscht, während das Fernsprechen auf den Ortsverkehr beschränkt war. Seitdem sich der Fernsprech-Weitverkehr auf Kabeln mit Verstärkern entwickelte, wanderte auch der Weitverkehr von dem Telegraphen zum Fernsprecher ab, abgesehen allerdings von den allergrößten Entfernungen der Überseeverbindungen. Z. B. besitzt man noch keine Fernsprechkabel von Europa nach Amerika, sondern nur Funksprechkreise, während die Telegraphie z. T. über Kabel betrieben wird.

Neuerdings hat die Telegraphie vieles von diesen Verlusten in rascher Entwicklung eingeholt. Dies beruht einerseits darauf, daß ein neuer Telegraphenapparat, der Fernschreiber[20]), entwickelt wurde, zu dessen Bedienung keine Fachausbildung notwendig ist. Man schreibt mit diesem Apparat wie mit einer gewöhnlichen Schreibmaschine, so daß er beim Teilnehmer in den Geschäftsräumen aufgestellt werden kann. Das mehr oder weniger umständliche Aufgeben und Zubringen von Telegrammen fällt dadurch fort. Innerhalb Deutschlands kann der Teilnehmer seinen Partner mit Hilfe der Nummernscheibe so wählen, wie er es beim Fernsprechen im Ortsverkehr gewöhnt ist. Er kann sich dann durch Drücken einer Taste zur Bestätigung den Namen der angerufenen Empfangsstelle melden lassen und danach seine Nachricht durchschreiben, auch wenn dort niemand anwesend ist, weil die Fernschreibmaschine selbsttätig arbeitet. Das ist besonders angenehm für den Verkehr zwischen Ländern, die ganz andere Geschäftszeiten haben. Die eigene Schreibmaschine nimmt die abgesandte Nachricht

man natürlich nur einen reinen Sinusstrom erhalten, d. h. die Zeichen wären schon sehr stark abgerundet.

Zweckmäßig macht man das Frequenzband etwas breiter und erreicht so steilere Fronten. Man überträgt daher etwa bis zum 1,6fachen der Grundfrequenz. Es ist klar, daß, falls die Telegraphiergeschwindigkeit erhöht wird, die Grundfrequenz und damit die erforderliche Bandbreite im gleichen Maße anwachsen. Dies ist der Satz vom Nachrichtenfluß und der Frequenzbandbreite, der häufig auch das Zeitgesetz der Nachrichtentechnik genannt wird[22]). Er besagt, daß bei jeder Art der Übertragungstechnik für einen bestimmten Nachrichteninhalt (z. B. für einen bestimmten Buchstaben oder für den Mittelwert eines Buchstabens) das Produkt aus der Übertragungszeit und der Bandbreite eine Konstante ist. Bei der Fernsprechübertragung und Bildübertragung ist diese Konstante anders als beim Fernschreiber. Sie bildet also

…es deutsches Fernschreibnetz.

…aftlichkeit eines Übertragungs-
…so lange man sich darauf be-
…er übertragenen Buchstaben zu
… der Klangfarbe, Sprachmelodie
…omplizierten Fernsprechströmen
…eichen, die man als Druckbuch-
…viel einfacher gebildet als die
… einen Druckbuchstaben als ein
…rachtet, so kann man sich vor-
…inem Raster von 8 bis 10 Zeilen
…en kann. Für das Feld eines
… also rd. 80 Bildelemente über-
… das Alphabet der Fernschreib-
…ritten für den Buchstaben aus.
…ragungszeit mal Frequenzband-
…ldtelegraphie rd. 10 mal so groß
…maschine. Beim Fernsprechen
…aue Zahlen angeben, weil man
…es Sprechen etwa die gleiche
… Konstante wird etwa 30 bis
…i der Fernschreibmaschine. Ge-
… beim Fernschreiben außerdem
… als beim Fernsprechen, so daß
…hreiber das Frequenzband auf
… ausnutzen kann als mit dem
…sache erklärt die rasche Aus-
…etzes (Abb. 13), das heute etwa
…land und rd. 1000 Fernschreib-
…inander verbindet.

…techn. J. 7 (1928) S. 535; K. Küpfmüller, …; F. Strecker, VDE-Fachber. 7 (1935)

Verkehrsverhältnisse zu verbessern. Die Herabsetzung der unteren Übertragungsgrenze wurde noch nicht empfohlen.

Fernsehen.

Das Fernsehen stellt in mancher Beziehung erheblich höhere Anforderungen an die Übertragungstechnik als das Fernsprechen. Dies kommt zum Teil daher, daß der Bereich der zu übertragenden Frequenzen außerordentlich viel größer ist. Die Fernsehaufnahmegeräte tasten das Bild in Zeilen ab, ähnlich wie das Auge beim Lesen die Zeilen einer Seite nacheinander abtastet. Das Auge kann nun im Vergleich zu seinem Blickfeld außerordentlich viel Feinheiten unterscheiden. Bei der Helligkeit, mit der Fernsehbilder wiedergegeben werden können, beträgt die Sehschärfe ungefähr 1,5 Winkelminuten, d. h. für jeden Winkelgrad kann das Auge noch etwa 40 Streifen verschiedener Helligkeit unterscheiden. Bei der heutigen Fernsehnorm werden 441 Zeilen übertragen, so daß man an das Bild so nahe herantreten kann, daß die Bildhöhe unter etwa 11° erscheint. Nimmt man an, daß die Zeilen in quadratische Bildpunkte zerlegt sind, so steigt die Zahl der Bildpunkte je Bild mit dem Quadrat der Zeilenzahl an, wenn das Verhältnis von Bildhöhe zu Bildbreite gegeben ist. Diese Zahl muß man noch mit der Zahl der in der Sekunde übertragenen Bilder multiplizieren, um die Zahl der je Sekunde zu übertragenden Bildpunkte zu erhalten. Wenn die abgetasteten Bildpunkte abwechselnd hell und dunkel wären, was z. B. bei einem Streifenmuster senkrecht zur Zeilenrichtung der Fall wäre, so würde dem Bildinhalt ein fortgesetztes Springen des Zeichenstromes zwischen zwei Werten entsprechen. Die in diesem Vorgang enthaltene Grundfrequenz ist halb so groß wie die Anzahl der Bildpunkte in der Sekunde. Man kann diese Grundfrequenz, die „Bildpunktfrequenz" als Bezugsfrequenz benutzen. Sie gibt einen gewissen Anhalt dafür, wie breit das zu übertragende Frequenzband sein sollte.

Zahlentafel 3.

Zeilenzahl je Bild		30	100	180	441
Bildpunktfrequenz	MHz	0,01	0,12	0,4	2,4
erreicht im Jahre		1930		1934	1938

Für die heutige Fernsehnorm muß man ein Frequenzband bis etwa 2,4 MHz fordern.

Auf gewöhnlichen unbelasteten Kabeln könnte man so hohe Frequenzen nur auf ganz kurze Entfernungen übertragen. Man braucht hierzu Leiter, die dicker sind, eine größere Entfernung von einander haben und bei denen das Dielektrikum zwischen den Leitern sehr kleine Verluste hat. Die Entwicklung hat gezeigt, daß es zweckmäßig ist, wenn der eine Leiter den anderen umgibt. Bei den in Deutschland hergestellten koaxialen Kabeln[17]) wird z. T. als Isolator ein heimischer Kunststoff, das sogenannte Styroflex, verwendet, das fest und biegsam ist, sich also mechanisch in den Kabelmaschinen gut verarbeitet und sehr geringe dielektrische Verluste hat. Der Innenleiter aus Kupfer ist 5 mm stark. Der Rückleiter kann aus Kupfer oder anderen gutleitenden Stoffen, z. B. Aluminium, bestehen. Er wird aus zwei Halbröhren zusammengesetzt, die durch Einkerbungen (Sicken) biegsam gemacht worden sind und sehr genau gearbeitet werden können, so daß die erforderliche elektrische Gleichmäßigkeit gewährleistet ist.

Abb. 11 zeigt, wie das Frequenzband des Kabels ausgenutzt wird. Die Frequenzen oberhalb des schon erwähnten Bereichs für das Breitbandfernsprechen (B-System) stehen für das Fernsehen zur Verfügung, wobei bei 1 MHz eine Lücke frei bleibt, die es erlaubt, Fernsprechen und Fernsehen durch Filter zu trennen. Der Bereich von 1 bis 4 MHz reicht für die heutige Norm von 441 Zeilen je Bild aus. Für das Fernsprechen werden Verstärker in 30 bis 40 km Entfernung eingesetzt. Für das Fernsehen kommen noch Verstärker in der halben Entfernung hinzu. Die Verstärkerfelder haben dann etwa die gleiche Dämpfung wie die für das Fernsprechen.

Abb. 11. Frequenzbandeinteilung des koaxialen Kabels.

Abb. 12 zeigt das Netz der Fernsehkabel, soweit sie bereits verlegt, im Bau oder geplant sind[18]). Die gesamte Kabellänge wird etwa 3500 km betragen, da stets 2 Kabel verlegt werden. Zur Zeit ist im Fernsehbereich auf der Strecke Berlin—Leipzig—Nürnberg—München ein Kanal für das Gegensehfernsprechen in Betrieb. Ferner sind seit der Frühjahrsmesse 1938 30 Kanäle des Fernsprechbreitbandsystems im Verkehr[19]).

Abb. 12. Deutsches Breitbandkabelnetz.

Bei dieser Technik zeichnet sich ein neuer Grundsatz ab: Während man früher Verstärkerabstände von rd. 140 und 70 km hatte, kommt man jetzt zu 35 und sogar 18 km. Die Verstärkerämter enthalten aber für jede Sprechrichtung nur noch einen einzigen Verstärker für etwa 200 Gespräche und die nötige Reserve. Sie sind damit so einfach geworden, daß man sie von der Ferne mit Strom versorgen, steuern und überwachen kann. Man braucht also bei der Planung der Verstärkerstellen nicht darauf Rücksicht zu nehmen, ob geschultes Personal anwesend ist. Da die Kabel keine Grenzfrequenz haben, kann man sich vorstellen, daß man die Verstärkerfelder nochmals unterteilt und so den Übertragungsbereich noch einmal vervierfacht. Man findet hier also noch einen Vorrat an Möglichkeiten, wie ihn bespulte Leitungen nicht bieten können.

[17]) H. F. Mayer u. E. Fischer, ETZ 56 (1935) S. 1245; W. Kieser, Z. techn. Phys. 16 (1935) S. 629.

[18]) K. Höpfner u. H. F. Mayer, Europ. Fernsprechdienst (1937) S. 102.

[19]) A. Schmid, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 185.

man natürlich nur einen reinen

Fernschreiben.

Die Telegraphie hat früher den Fernverkehr beherrscht, während das Fernsprechen auf den Ortsverkehr beschränkt war. Seitdem sich der Fernsprech-Weitverkehr auf Kabeln mit Verstärkern entwickelte, wanderte auch der Weitverkehr von dem Telegraphen zum Fernsprecher ab, abgesehen allerdings von den allergrößten Entfernungen der Überseeverbindungen. Z. B. besitzt man noch keine Fernsprechkabel von Europa nach Amerika, sondern nur Funksprechkreise, während die Telegraphie z. T. über Kabel betrieben wird.

Neuerdings hat die Telegraphie vieles von diesen Verlusten in rascher Entwicklung eingeholt. Dies beruht einerseits darauf, daß ein neuer Telegraphenapparat, der Fernschreiber[20]), entwickelt wurde, zu dessen Bedienung keine Fachausbildung notwendig ist. Man schreibt mit diesem Apparat wie mit einer gewöhnlichen Schreibmaschine, so daß er beim Teilnehmer in den Geschäftsräumen aufgestellt werden kann. Das mehr oder weniger umständliche Aufgeben und Zubringen von Telegrammen fällt dadurch fort. Innerhalb Deutschlands kann der Teilnehmer seinen Partner mit Hilfe der Nummernscheibe so wählen, wie er es beim Fernsprechen im Ortsverkehr gewöhnt ist. Er kann sich dann durch Drücken einer Taste zur Bestätigung den Namen der angerufenen Empfangsstelle melden lassen und danach seine Nachricht durchschreiben, auch wenn dort niemand anwesend ist, weil die Fernschreibmaschine selbsttätig arbeitet. Das ist besonders angenehm für den Verkehr zwischen Ländern, die ganz andere Geschäftszeiten haben. Die eigene Schreibmaschine nimmt die a b g e s a n d t e Nachricht ebenfalls auf, so daß ein Beleg darüber zurückbleibt. In besonderen Fällen können auch Fernschreiben an mehrere Stellen, z. B. Nachrichtenbüros, gleichzeitig durchgegeben werden.

Ein zweiter wichtiger Umstand, der zur Belebung des Telegraphenverkehrs viel beigetragen hat, liegt darin, daß nicht mehr wie früher eigene Leitungsnetze für die Telegraphie verlegt werden, sondern daß man Kanäle benutzt, die auf den Fernsprechfreileitungen und -kabeln untergebracht werden können[21]). Von den verschiedenen Möglichkeiten sollen nur die Unterlagerungstelegraphie (UT) und die Wechselstromtelegraphie (WT) erwähnt werden. Da die Frequenzen unter 300 Hz für die Übertragung der Sprache nicht verwendet werden, bleibt dort Platz für einen Kanal mit Gleichstromtelegraphie. Bei diesem System werden also die Telegraphier- und Sprechströme einander in ihrer natürlichen Frequenzlage überlagert. Sie können durch elektrische Siebe oder Weichen wieder voneinander getrennt werden (UT). Weiter kann man, ähnlich wie es bei den Fernsprechkreisen auseinandergesetzt wurde, 18 Telegraphenkanäle, deren Trägerfrequenzen 120 Hz auseinander liegen, im Bereich der Sprachfrequenzen unterbringen (WT). Sie belegen dann einen Sprechkanal.

Es erweist sich als zweckmäßig, für die weitere Betrachtung der Fernschreibübertragung auch die Begriffe der Frequenzbandbreite und der Seitenbänder einzuführen und nicht die Vorgänge des unregelmäßigen Ein- und Ausschaltens einer Gleichspannung oder Trägerfrequenz unmittelbar zu betrachten. Im einfachsten Fall der Gleichstromtelegraphie wird zur Zeichengebung Gleichstrom ein- und ausgeschaltet. Sendet man die raschesten Wechselzeichen, die vorkommen können, so erhält man einen periodischen Rechteckstrom. Um diesen noch erkennbar zu empfangen, muß man mindestens die Grundfrequenz der Wechsel übertragen, ähnlich wie es oben beim Fernsehen auseinandergesetzt wurde. Wenn man das Frequenzband nicht breiter machen würde, so würde man natürlich nur einen reinen Sinusstrom erhalten, d. h. die Zeichen wären schon sehr stark abgerundet.

Zweckmäßig macht man das Frequenzband etwas breiter und erreicht so steilere Fronten. Man überträgt daher etwa bis zum 1,6fachen der Grundfrequenz. Es ist klar, daß, falls die Telegraphiergeschwindigkeit erhöht wird, die Grundfrequenz und damit die erforderliche Bandbreite im gleichen Maße anwachsen. Dies ist der Satz vom Nachrichtenfluß und der Frequenzbandbreite, der häufig auch das Zeitgesetz der Nachrichtentechnik genannt wird[22]). Er besagt, daß bei jeder Art der Übertragungstechnik für einen bestimmten Nachrichteninhalt (z. B. für einen bestimmten Buchstaben oder für den Mittelwert eines Buchstabens) das Produkt aus der Übertragungszeit und der Bandbreite eine Konstante ist. Bei der Fernsprechübertragung und Bildübertragung ist diese Konstante anders als beim Fernschreiber. Sie bildet also

Abb. 13. Öffentliches deutsches Fernschreibnetz.

ein Maß für die Wirtschaftlichkeit eines Übertragungssystems, natürlich nur so lange man sich darauf beschränkt, nur die Zahl der übertragenen Buchstaben zu bewerten, also z. B. von der Klangfarbe, Sprachmelodie usw. absieht, die in den komplizierten Fernsprechströmen mit enthalten sind. Die Zeichen, die man als Druckbuchstaben verwendet, sind viel einfacher gebildet als die Laute selbst. Wenn man einen Druckbuchstaben als ein zu übertragendes Bild betrachtet, so kann man sich vorstellen, daß man ihn mit einem Raster von 8 bis 10 Zeilen genügend deutlich erfassen kann. Für das Feld eines Buchstabens müßte man also rd. 80 Bildelemente übertragen. Dagegen kommt das Alphabet der Fernschreibmaschine mit 7 Stromschritten für den Buchstaben aus. Die Konstante, d. h. Übertragungszeit mal Frequenzbandbreite, ist daher bei der Bildtelegraphie rd. 10 mal so groß wie bei der Fernschreibmaschine. Beim Fernsprechen lassen sich nicht sehr genaue Zahlen angeben, weil man für rasches und langsames Sprechen etwa die gleiche Bandbreite braucht. Die Konstante wird etwa 30 bis 40 mal so groß sein wie bei der Fernschreibmaschine. Gewöhnlich faßt man sich beim Fernschreiben außerdem noch kürzer und genauer als beim Fernsprechen, so daß man durch einen Fernschreiber das Frequenzband auf einer Leitung viel besser ausnutzen kann als mit dem Fernsprecher. Diese Tatsache erklärt die rasche Ausdehnung des Fernschreibnetzes (Abb. 13), das heute etwa 600 Teilnehmer in Deutschland und rd. 1000 Fernschreibanschlüsse in Europa miteinander verbindet.

---

[20]) A. Jipp, Moderne Telegraphie. Julius Springer, Berlin 1934.

[21]) P. Storch, Jb. elektr. Fernmeldewes. (1937) S. 45.

[22]) R. Hartley, Bell. Syst. techn. J. 7 (1928) S. 535; K. Küpfmüller, Tekn. T. 61 (1931) S. 153 u. 178; F. Strecker, VDE-Fachber. 7 (1935) S. 152.

Zusammenfassung.

Im Fernsprechverkehr führte das Bedürfnis nach großer Übertragungsgeschwindigkeit zu Kabelleitungen mit breitem Übertragungsbereich. Ferner blieb auf den Fernsehkabeln ein breites Übertragungsband für das Fernsprechen frei. Dieser Umstand führte zur ausgiebigen Mehrfachausnutzung der Kabel mit Fernsprechkanälen, wodurch für die einzelnen Verbindungen erheblich an Rohstoffen, besonders an Kupfer und damit auch an Devisen gespart wird. In diesen Übertragungssystemen spielen nichtlineare Elemente eine wichtige Rolle. Sie werden einerseits gebraucht, um die Sprachfrequenzen aus der natürlichen Lage in eine höhere und zurück zu verschieben (Frequenzumsetzer), führen aber anderseits, wenn sie mehreren Sprechkreisen gemeinsam angehören, zu nichtlinearem Nebensprechen. Durch weitgehende Linearisierung der Verstärker, vor allem mit Hilfe der Gegenkopplung, wurde diese Schwierigkeit überwunden. Neue Mikrophone und Telephone übertragen eine breiteres Frequenzband als die bisherigen. Daher wurde die Frage aufgeworfen, ob man nicht für das einzelne Gespräch ein breiteres Frequenzband übertragen sollte. Zur Beurteilung dieser Frage geben Messungen über die bemerkbaren Stufen der Frequenzbanderweiterung eine breitere Unterlage. Für bestimmte zwischenstaatliche Verbindungen wurde eine beträchtliche Erweiterung empfohlen.

Das Fernsehen verlangt die Übertragung von mehr und mehr Bildpunkten, so daß der Übertragungsbereich gewöhnlicher Kabel für große Entfernungen nicht ausreicht. Es wurde ein neuer Fernkabeltyp, das koaxiale Kabel, entwickelt, das bei den heutigen Verstärkerabständen dem Fernsehen mehr als 2 MHz zur Verfügung stellt. Von diesen Kabeln ist ein Netz von beträchtlicher Ausdehnung verlegt oder in Bau.

Die Telegraphie, die durch das Fernsprechen aus dem Orts- und Fernverkehr nahezu verdrängt wurde, gewinnt erheblich an Boden, weil man in der neuen Fernschreibmaschine ein Gerät besitzt, das wie eine gewöhnliche Schreibmaschine bedient und daher beim Teilnehmer selbst aufgestellt werden kann und weil man keine eigenen Telegraphenkabel verlegt, sondern die Telegraphenverbindungen im Fernsprechnetz unterbringt. Diese Kanäle beanspruchen im Vergleich zu Fernsprechkanälen ein viel schmaleres Frequenzband, wenn gleich viele Buchstaben in der Zeiteinheit übertragen werden, nutzen also die Leitungen sehr gut aus.

Neue amerikanische Stahlröhren.

DK 621.385.1/.5 : 621.396.694(73/79)

Bei den neuen amerikanischen Stahlröhren[1]) ist man bei den neuen Penthoden in Metallkolben (6JK7 und 6SK7, S bedeutet single, gleich einfache, nicht doppelte Elektrodenherausführung) und ebenso bei den bisher erschienenen neuen Trioden (6SF5 und 6SQ7, letztere eine Duodiodetriode auch mit Metallkolben) von der Herausführung der Steuergitter oben aus dem Kolben heraus abgegangen. Die Gründe waren die gleichen, die unsere deutschen Röhrenfabriken schon vor mehr als Jahresfrist zu diesem Schritt veranlaßten:

1. durch die notwendigen Schirmleitungen zum herausgeführten Gitter wird die tatsächlich sehr kleine schädliche Kapazität der Röhre im Gerät so gesteigert, daß die guten Eigenschaften der Röhre allein vollkommen unmaßgeblich werden.
2. Die Brummneigung der Geräte ist höher, falls nicht für eine sehr gute Mittelpunktserdung der Schirmleitungen Vorsorge getroffen wurde.
3. Die neue (bzw. alte) Ausführung ohne Gitterherausführung ist fabrikationstechnisch einfacher, billiger und sicherer, z. B. auch ist der gefürchtete „Gitterkappenbruch" unmöglich.
4. Für den Hörer, bzw. den Händler hat die neue Form den Vorteil, daß die Röhren viel leichter ausgewechselt werden können, daß ein falscher Sitz der Gitterkappen unmöglich ist und damit eine ganze Reihe von Fehlermöglichkeiten wegfällt.

Bei den deutschen Röhren ist eine gute Trennung der empfindlichen Elektroden (Steuergitter und Anode) voneinander schon durch den horizontalen Aufbau zwangläufig gegeben, der die an die Sockelstifte herausgeführten Elektroden automatisch in zwei Gruppen teilt, die von außen nochmals durch ein in den Sockel einschiebbares Blechstück gegeneinander geschirmt werden können.

Bei den neuen amerikanischen Röhren liegt nun das System nicht horizontal, sondern nach wie vor vertikal. Interessant ist nun das Verfahren, das die Amerikaner verwenden, um trotz dieser für die Schirmung an sich ungünstigeren Verhältnisse zu ausgezeichneten Ergebnissen zu kommen, die sich endlich sogar dahin auswirken, daß bei einer bestimmten Sockelung (ein verlustarmer Kunststoff wird für diese verwendet) Werte von 0,001 pF als Kapazität zwischen Steuergitter und Anode erreicht werden konnten.

Abb. 1 zeigt einen Querschnitt durch die neue Röhrentype hinsichtlich ihrer Sockelung. Zunächst fällt auf, daß die „Fernico"-Lötung verschwunden ist, die Stifte sind unmittelbar in Glas eingesetzt und stehen, wenn man den Sockel von unten ansieht im Kreise und in gleichen Abständen voneinander. Allerdings stehen Anode und Steuergitteranschluß einander in diesem Kreise genau gegenüber. Das genügt natürlich nicht für eine so hochwirksame Abschirmung, wie sie heute gefordert werden muß. Nun besitzt der Sockel einen zentrischen Führungsbolzen, der den Pumpstutzen (in der Abbildung: Entlüftungsröhrchen) aufnimmt und überdies — seinem Namen entsprechend — dazu dient, um die Röhren in die Sockel blind einsetzen zu können. Dieser Bolzen trägt nun, wie man aus der Zeichnung sieht, innen einen zylindrischen Schirm, der an dem Metallkolben liegt und mit diesem über einen Stecker geerdet werden kann. Tatsächlich sind also einander gegenüberliegende Elektrodenherausführungen besonders wirksam gegeneinander abgeschirmt.

Abb. 1. Querschnitt durch die neuen RCA-Metallröhren ohne Gitterherausführung.

Der zylindrische Schirm, der konzentrisch zum Kreise der Sockelstifte angeordnet ist, verkleinert auch die anderen schädlichen Kapazitäten, soweit sie durch die Herausführung selbst entstanden sind. So konnte die Ausgangskapazität der neuen Penthoden auf die Hälfte des Wertes verringert werden, den die bisherigen Metallpenthoden gleicher Type hatten. Gleicherweise sind die Eingangskapazitäten geringer geworden.

F. C. S.

[1]) Wireless Wld. 43 (1938) S. 509; 2 S., 3 Abb.

Die 19. Tagung der Installationsfragen-Kommission (IFK).

Im Auftrag des Deutschen Ausschusses der IFK.

Von K. Scheuing VDE, Berlin.

DK 621.315/.316

Die 19. Volltagung der Installationsfragen-Kommission (IFK) wurde vom 17. bis 20. 10. 1938 in Arnhem (Holland) abgehalten; außerdem fand eine Besprechung der Prüfstellenvertreter der in der IFK zusammengeschlossenen Länder und eine Tagung der Unterkommission für Glühlampen statt.

Die Volltagung galt der Fortsetzung und Erweiterung der Arbeiten von Budapest (1936)[1]) und Oslo (1937)[2]), in der Zwischenzeit hatten noch Beratungen verschiedener Unterkommissionen im Januar 1938 in Berlin und im Juni 1938 in Prag stattgefunden.

Außer durch seine ständigen Vertreter war Deutschland durch vom Deutschen Ausschuß der IFK benannte Sachverständige für die verschiedenen Gebiete vertreten. Die deutscherseits erforderlichen Vorarbeiten wurden durch die VDE-Ausschüsse erledigt.

Volltagung.

Für die Abdeckungen von Unterputzsteckdosen und -schaltern und von Aufputzapparaten mit hohem Schutzrand wird die Beanspruchung bei der Prüfung der mechanischen Festigkeit herabgesetzt.

Die für kleinere elektrische Geräte vorgesehene 2-polige Geräte-Steckvorrichtung 6 A 250 V soll auf Vorschlag Deutschlands sowohl mit als auch ohne Schutzkontakt genormt werden. Die „Zusätzlichen Anforderungen" als Ergänzung zu den „Anforderungen an 2-polige Gerätesteckvorrichtungen 10 A 250 V" wurden im wesentlichen festgelegt; vor der endgültigen Verabschiedung des Normblattes und der Anforderungen sind noch Überprüfungen an Mustern dieser Steckvorrichtung durchzuführen.

Für die Industrie-Steckvorrichtungen (Flako-System), deren Normung schon auf der Volltagung in Oslo abgeschlossen worden war, wurden die „Anforderungen" festgelegt. Diese Steckvorrichtungen sollen spritzwassersicher ausgeführt sein und werden einer entsprechenden Prüfung unterzogen; für die Prüfung der mechanischen Festigkeit ist ein Verfahren in Vorschlag gebracht worden, das noch überprüft wird.

Der 5. Entwurf der „Anforderungen an Verbindungsmaterial für Leitungen" wurde eingehend beraten; auf Vorschlag Deutschlands, das gegen die Beratung dieses Entwurfes auf der Volltagung Einspruch erhoben hatte, wurde der Entwurf an die zuständige Unterkommission zur nochmaligen Behandlung zurückgegeben. Die Anforderungen an eine — lediglich in Holland verwendete — Art von Drahtverbindern wurden verabschiedet.

Ebenfalls verabschiedet wurden die „Anforderungen an Leuchtenklemmen" (Lüsterklemmen), jedoch unter dem Vorbehalt, daß die noch erforderlichen Nachprüfungen über die mechanische Festigkeit der Isolierkörper eine solche Verabschiedung gerechtfertigt erscheinen lassen.

Bei der Behandlung der „Anforderungen an Koch- und Heizgeräte" wurden einige besonders wichtige Punkte besprochen. Das von der IFK benutzte Verfahren zur Erzeugung einer relativen Luftfeuchtigkeit von 100 % wird von verschiedenen Seiten als nicht besonders geeignet angesehen, da die Reproduzierbarkeit zu wünschen übrig läßt; beim VDE wurde zur Behandlung dieser Frage ein Sonderausschuß eingesetzt.

Statt des Meßverfahrens der IFK für die Impedanzmessung, bei dem Heizspannung und Meßspannung 90° phasenverschoben sind, wurde deutscherseits ein von Waldkötter angegebenes Verfahren[3]) vorgeschlagen. Die Höhe der Spannung bei der Durchschlagsprüfung der Elektrowärmegeräte wurde mit Rücksicht auf das Installationsmaterial unverändert belassen. Um trotzdem zu einer Milderung der Prüfung zu gelangen, soll die Beanspruchung bei der Vorerhitzung durch Vergrößerung des Wärmeentzuges herabgesetzt werden; diesbezügliche Versuche werden durchgeführt.

Im Normblatt für Herdkochplatten wurde mit Rücksicht auf bisher übliche Toleranzen die Toleranz für den Durchmesser mit + 1/— 2 mm festgelegt; das Normblatt für die Aufnahmestellen wird von der Schweiz und Deutschland noch bearbeitet.

In der Frage der Zulassung von Isolierstoff-Muttergewinde wurde der Vorschlag der Prüfstellenvertreter gutgeheißen, Isolierstoffmuttergewinde ab 4 mm Dmr. zuzulassen, wenn 10 Einschraubungen mit den IFK-Drehmomenten ausgehalten werden. Voraussetzung ist, daß durch geeignete Maßnahmen dafür gesorgt ist, daß die Schraube richtig in das Muttergewinde eingreifen kann, daß also insbesondere ein schiefes Ansetzen der Schraube ausgeschlossen ist.

Bei gummiisolierten Leitungen wurde auf Anregung Deutschlands beschlossen, auf die Prüfung des Kautschukgehaltes der Isolation zu verzichten. Dafür wurden die Werte der mechanischen Festigkeit und der Dehnung des Gummis vor der Alterung etwas heraufgesetzt, ebenso die Dauer der Alterungsbehandlung; die Werte nach der Alterung wurden unverändert belassen.

Die neuen Lehren zur Prüfung des Berührungsschutzes bei Lampen und Fassungen E 27 sind zur Annahme gelangt; sie stimmen mit denen des Indeco[4]) überein. Auch über die Einführungstermine der neuen Lehren konnte eine Einigung erzielt werden; es wurde festgestellt, daß die Verwendung von Sockeln E 27/35 für Lampen für allgemeine Beleuchtungszwecke bis 200 W in den meisten Ländern bereits eingestellt ist.

Zu den „Anforderungen an Rundfunk- und Verstärkergeräte, die aus Starkstromanlagen betrieben werden" sind eine Anzahl Änderungen und Ergänzungen beschlossen worden. So wurden die Normblätter I und II abgeändert; für die Prüfung des Störungsfalles wurde beschlossen, Widerstände entweder kurz zu schließen oder zu unterbrechen, je nachdem, was den ungünstigsten Störungsfall darstellt.

Die bisherige Messung der Gehäusetemperatur an der Außenseite wurde durch eine solche an der Innenseite der Gehäuse bei entsprechend höheren zulässigen Übertemperaturen ergänzt. Ferner hat man für Teile, die in leitender Verbindung mit dem Starkstromnetz stehen, aus hochfrequenz-technischen Gründen auf die Einhaltung der 4 mm Kriechstrecke für Spannungen über 34 bis 352 V (Scheitelwert) verzichtet; dafür tritt jetzt eine Kriechstrecke von 3 mm. Auf die Einhaltung der Kriech- und Luftstrecken wird bei solchen Teilen außerdem verzichtet für den Fall, daß bei Kurzschluß der zu geringen Kriech- oder Luftstrecken kein zu hoher Stromanstieg erfolgt; die Werte für den zulässigen Stromanstieg werden noch ermittelt. Allgemein soll die Einhaltung der Kriech- und Luftstrecken nicht gefordert werden bei nach außen vollständig abgeschlossenen Teilen, einschließlich der Sockelräume von Röhren und Vibratoren, da diese ebenso wie die Vakuumräume einer Verschmutzung nicht ausgesetzt sind.

Auf die Anbringung von Sicherheitsschaltern an Rundfunkgeräten, sog. Rückwandblockierung, will man verzichten, wenn die Rückwand nur mittels Werkzeug geöffnet werden kann. Die Länder Norwegen und Schweden,

[1]) ETZ 57 (1936) S. 1069.
[2]) ETZ 58 (1937) S. 1126.
[3]) ETZ 59 (1938) S. 845.

[4]) Independent Committee der IEC; IEC-Kommission für Glühlampen und Fassungen; siehe ETZ 59 (1938) S. 1291.

die einen Sicherheitsschalter auch bei Erfüllung dieser Vorschriften fordern, wurden um Prüfung gebeten, ob sie ihre diesbezüglichen Ländervorschriften abändern können.

Die Forderung, daß Schmelzsicherungen, nicht aber Thermosicherungen eine Abschaltstromstärke von 100 A besitzen müssen, wurde bestätigt.

Hinsichtlich der Tonabnehmer aus Metall hat man sich in der IFK dem Vorgang der I.E.C. angeschlossen, wonach Tonabnehmer mit Metallgehäusen dann zulässig sein sollen, wenn das bei der Bedienung anzufassende Teil aus Isolierstoff besteht.

Für Berührungsschutz-Kondensatoren bei Rundfunkgeräten hat man anhand der umfangreichen Versuchsunterlagen festgelegt, unterhalb einer Spannung von 50 V eine Kapazitätsbeschränkung nicht vorzunehmen; bei Spannungen von 50 bis 300 V soll die Ladung nicht mehr als 1,1 μ C, bei Spannungen über 300 V nicht mehr als 0,5 μ C betragen. Dieser letzte Wert wird nochmals überprüft.

Besprechung der Prüfstellenvertreter.

Bei Sicherungspatronen mit keramischem Fußzapfen hat sich ergeben, daß die Prüfung auf mechanische Festigkeit des Zapfens in der Falltrommel und im Pendelschlaggerät nicht durchführbar ist; die Versuche werden daher mit einem statischen Verfahren und einer Fallprüfung in einem Rohr fortgesetzt.

Für Kippserienschalter, die eine Kombination aus zwei einpoligen Schaltern darstellen, wird eine Prüfanweisung geschaffen, wonach bei der Prüfung der Kontakterwärmung die beiden Schalterhälften je für sich belastet werden, da sich gezeigt hat, daß die gleichzeitige Belastung die Beanspruchung der mittleren Anschlußklemme übertreibt.

Hinsichtlich der Schaltleistungs- und Gebrauchsprüfung von Wechselschaltern wurde beschlossen, die sog. „Hamburger Schaltung" mit der Einführung beider Pole in den Schalter als Prüfschaltung nicht mehr anzuwenden, da diese Schaltung in der Praxis kaum mehr benutzt wird, zum Teil sogar verboten ist.

Der Antrag, die Länge der Kontaktbuchsen in Steckdosen überhaupt nicht vorzuschreiben, wurde abgelehnt, da befürchtet wurde, daß unter Umständen Steckdosen mit sehr kurzen Kontaktbuchsen auf den Markt kommen, bei denen sowohl eine einwandfreie Einführung des Steckers nicht mehr gewährleistet ist, als auch die Kontaktgabe zu Beanstandungen Anlaß geben könnte.

Die Frage der Zulassung von Isolierpreßstoffen als Träger spannungführender Teile in feuchten Räumen wurde im Hinblick auf die Kriechstromsicherheit wieder erörtert. Der beim VDE eingesetzte Sonderausschuß „Kriechstromsicherheit" wird in Zusammenarbeit mit Vertretern der IFK-Prüfstellen weitere Versuche mit dem vorgeschlagenen Verfahren durchführen und dabei den Zusammenhang mit dem Verfahren zur Erzeugung bestimmter Luftfeuchtigkeit ebenfalls beachten.

Unterkommission für Glühlampen.

Die Unterkommission für Glühlampen, bei deren Sitzung auch ein Vertreter des Indeco und ein Delegierter aus England anwesend war, hat die Anforderungen an gewöhnliche Glühlampen und die an besondere Glühlampen für allgemeine Beleuchtungszwecke bis einschließlich 200 Dlm nach Annahme einiger Änderungen endgültig fertiggestellt. Weiterhin wurde ein Entwurf zu „Anforderungen an gewöhnliche Glühlampen mit einem Nennlichtstrom von mehr als 200 Dlm für allgemeine Beluchtungszwecke" beraten; dazu sind noch einige Überprüfungen erforderlich. Die „Richtlinien für besondere Glühlampen mit einem Nennlichtstrom von mehr als 200 Dlm für allgemeine Beleuchtungszwecke" konnten ebenfalls soweit fertiggestellt werden, daß ihre Verabschiedung zusammen mit den erstgenannten voraussichtlich auf der nächsten Volltagung erfolgen kann.

Weiterarbeit.

Die nächsten Sitzungen der Unterkommissionen „Verbindungsmaterial für Leitungen", „Haushaltgeräte mit motorischem Antrieb", „Kleintransformatoren", „Schutzschalter gegen unzulässig hohe Berührungsspannung" und „Koch- und Heizgeräte" finden auf Einladung Deutschlands in Nürnberg vom 20. bis 25. 2. 1939 statt. Die nächste Volltagung ist für September 1939 anläßlich der schweizerischen Landesausstellung in Zürich vorgesehen. Vor kurzem hat auch der Redaktionsausschuß getagt und die angefallenen redaktionellen Festlegungen bearbeitet.

Normen für Herdschalter.

Ausschuß für Installationsmaterial.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

DK 621.316.542.2 Februar 1939

Regelschalter (Schalter 9) 15 A 250 V Gleichstrom, 10 A 380 V Wechselstrom — Elektrotechnik	**DIN** Entwurf 1 VDE 9280

Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht verbindlich.

Einspruchsfrist: 25. Mai 1939

Schnitt A-C — Kleinstmaß — Profil der Schalterachse für den Griff (vergrößert gezeichnet) — Klemmen für vorderseitigen Anschluß eines abgewinkelten Drahtes von 1,6 ··· 2,5 mm ⌀ — Griff und Achse in Ausschaltstellung — Größtmaß — Befestigungslöcher für den Schalter a) Gewindelöcher b) Durchgangslöcher

Die Regelschalter müssen VDE 0630 „Vorschriften für Geräteschalter" entsprechen.

[1]) Das Größtmaß 56 gilt auch als Größtmaß für die Ausladung der Zuleitungsdrähte.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.316.722.1.077.64 : 621.317.2.027.3

Über die Konstanthaltung der Spannung von Hochspannungsanlagen. [Nach H. Bartel, Z. techn. Phys. 19 (1938) S. 235; 2 S., 3 Abb.]

Untersuchungen mit Elektronenbeugung und Elektronenmikroskopie verlangen höchste Konstanz der benutzten Hochspannung. Die bisherige Regelgenauigkeit ist ohne Hilfsmittel abhängig von der Netzspannung. Bei Benutzung von mechanischen Reglern, Drehtransformatoren usw. beträgt sie etwa

G Generator 3 × 0 ··· 380 V~
E Erregermaschine 120 V–
H Handregler
HA Drehstrom-Hochspannungsanlage
P Hochspannungs-Spannungsteiler 60 MΩ
R Kurbelwiderstand 0,1 ··· 160000 Ω
KB Kompensations-Batterie
FR Röhrenfeinregler
A Röhrenstrommesser
HV Hochspannungs-Verbraucher

Abb. 1. Umformer für die Spannungs-Konstanthaltung.

0,5 bis 1%, mit Hilfe von Umformern mit Synchronmotor-Antrieb, sowie Gleichstrom-Batterieantrieb steigt sie auf einige ‰. Mit Hilfe eines Röhrenfeinreglers wurde versucht, die Regelgenauigkeit beträchtlich zu steigern (Abb. 1). Die Anlage bestand

1. aus einem Umformer mit Synchronmotor-Antrieb und Generator 0 bis 380 V Drehstrom,
2. aus einer Drehstrom-Hochspannungsanlage, 6 Ventilröhren, 60 kV, 12 kW.

An einem die Hochspannung überbrückenden Hochohmwiderstand *P* von etwa 60 MΩ wurde über einem Kurbelwiderstand *R* von 0,1 bis 160 000 Ω eine Teilspannung von etwa 100 V abgegriffen, mit einer Spannung von 100 V (Anodenbatterie) kompensiert und die Differenz einem technischen Feinregler *FR* zugeführt. Der Feinreglerausgang lag parallel zum Handregler *H* des Erregerstroms, so geschaltet, daß bei Spannungsanstieg der Erregerstrom kleiner wurde und umgekehrt. Die Einstellung einer beliebigen Hochspannung erfolgte durch Veränderung des Rheostatenwiderstandes *R* und grober Nachregelung des Handreglers *H*, bis der Strommesser *A* auf den empfindlichsten Bereich des Feinreglers einspielt.

Die Versuche ergaben bei vereinfachten Versuchsbedingungen eine Schwankung der Hochspannung von 0,1 ‰. Es wurden Verbesserungsmöglichkeiten angegeben, die es gestatten dürften, die Genauigkeit noch um mindestens eine Zehnerpotenz zu steigern. *eb.*

DK 621.316.1.014.3.001.24

Kurzschlußvorgänge in mehrfach gespeisten, vermaschten Netzen. [Nach Artur Scheib, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 2, S. 71; 29 S., 9 Abb.]

Die Darstellung des Kurzschlusses erfolgt durch Überlagerung der Spannung am Kurzschlußort mit einer Überlagerungsspannung, und es werden somit nichtlineare Erscheinungen grundsätzlich vernachlässigt. Die Überlagerungsspannung wird ihrerseits wieder durch ein Fourierintegral dargestellt. Sodann werden sowohl für den dreipoligen als auch für den zweipoligen Kurzschluß die Beziehungen zwischen einer Spannung am Kurzschlußort und den Strömen in den verschiedenen Teilen der Anordnungen für stationäre, jedoch beliebige komplexe Frequenzen in allgemeiner Form aufgestellt. Hierbei werden als Generatoren Volltrommel- oder Schenkelpolgeneratoren mit kräftiger Dämpferwicklung und als Leitungen und Verbraucher Schaltungen beliebigen Aufbaus aus konzentrierten ohmschen Widerständen, Selbstinduktionen und Kapazitäten vorausgesetzt. Durch Einführung dieser Beziehungen in das Überlagerungsspannungsintegral werden die von ihr hervorgerufenen Überlagerungsströme ebenfalls in Form eines Fourierintegrals dargestellt. Unter der Voraussetzung, daß die Anordnungen aus einer endlichen Zahl von Schaltelementen bestehen, erfolgt schließlich schrittweise die Auswertung des Stromintegrals derart, daß allgemeine Formeln zur Berechnung des Überlagerungsdauerstroms sowie der einzelnen Ausgleichsstromglieder aufgestellt werden. Hierbei findet ein Näherungsverfahren grundsätzliche Anwendung, das eine erhebliche Vereinfachung der Rechnung mit sich bringt, ohne daß praktisch eine Einbuße an Genauigkeit auftritt.

Zur Erläuterung der gewonnenen allgemeinen Rechenvorschriften werden anschließend einige typische Beispiele behandelt (einfach gespeistes Ringnetz — einfach gespeiste Leitung mit Verbraucher — zweifach gespeiste Leitung), wobei sich als Kennzeichen der Ausgleichsvorgänge in mehrfach gespeisten, vermaschten Netzen ergibt, daß mehrere Wechselstrom- und Gleichstromglieder mit verschiedenen Zeitkonstanten auftreten, die sich auf die einzelnen Teile der Anordnungen verschieden verteilen. Insbesondere ist es möglich, daß sie einander entgegenwirken, so daß der Gesamt-Wechselstromanteil oder -Gleichstromanteil anfänglich konstant bleiben oder sogar anschwellen kann.

Elektromaschinenbau.

DK 621.314.22.045.001.24

Über Transformatorwicklungen mit abgestuften Leiterbreiten. [Nach E. Scharstein, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 2, S. 139; 3½ S., 2 Abb.]

Bei großen Leiterquerschnitten werden bei Transformatorenwicklungen wegen der zusätzlichen Verluste mitunter die Leiterabmessungen senkrecht zu den Streulinien in den einzelnen Lagen verschieden gewählt. In diesem Fall ergibt weder die gleiche Stromdichte in den einzelnen Lagen noch die gleiche Windungszahl aller Lagen die geringsten Verluste. Der kleinste Widerstand wird vielmehr bei einer ganz bestimmten Verteilung der Windungszahl auf die einzelnen Lagen erreicht. Für zweilagige Wicklungen ergibt sich das Verhältnis der Windungszahl w_2 der zweiten am Streukanal liegenden Lage zur gesamten Windungszahl w

$$\frac{w_2}{w} = \frac{\frac{l_1 k_1}{\xi_1} + \frac{l_2 \xi_2^3}{6}}{\frac{l_2}{\xi_2} + \frac{4 l_2}{45} \xi_2^3 + \frac{l_1 k_1}{\xi_1}},$$

wobei bedeuten:

l_1 und l_2 die mittleren Windungslängen der Lage 1 und 2,
k_1 den Faktor für die Widerstandserhöhung der Lage 1.

Ist ferner

λ die Leitfähigkeit des Leitermaterials,
f die Frequenz,
α der Füllfaktor in Richtung der Streulinien,
$\beta_{1,2}$ die Kupferbreite senkrecht zu den Streulinien in der Lage 1 bzw. 2, in cm,

so wird

$$\xi_{1,2} = 2\pi \sqrt{\alpha \frac{\lambda f}{10^5}} \beta_{1,2}.$$

Für drei und mehr Lagen ergeben sich entsprechende Formeln. Mit Hilfe dieser Gleichungen kann bei gegebenen Leiterbreiten die Verteilung der Windungszahl auf die einzelnen Lagen bestimmt werden, bei der der Gesamtwiderstand der Wicklung einen Kleinstwert erreicht.

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.385.831.062 : 621.398.083.7

Fernmeßeinrichtungen mit Röhrenverstärkern. [Nach J. Pelpel, Bull. Soc. franç. Électr. 8 (1938) S. 933; 15 S., 8 Abb.]

J. Pelpel beschreibt zwei insbesondere zur Fernübertragung von Starkstrommeßwerten dienende, mit Röhrenverstärkern arbeitende Fernmeßeinrichtungen, von denen die erste auf einem Kompensationsverfahren und die zweite auf einem Frequenzmeßverfahren beruht. Bei der ersten Einrichtung wird ein dem zu übertragenden Meßwert (z. B. Wechselstromleistung) entsprechendes, mit einem Induktionszählermeßwerk erzeugtes Drehmoment durch das Gegendrehmoment eines Drehspulmeßwerkes ohne mechanische Richtkraft kompensiert, dessen Drehspule mit einer stetig regelbaren Gegeninduktivität mechanisch gekuppelt ist. Die feststehend angeordnete Primärwicklung dieser Gegeninduktivität liegt an dem Wechselstromnetz, während die drehbare Sekundärwicklung, mit dem Eingang eines wechselstromgespeisten Röhrenverstärkers verbunden ist, in dessen Ausgangsstromkreis sowohl das erwähnte, zur Erzeugung des Gegendrehmomentes dienende Drehspulmeßwerk als auch mehrere Anzeige- und Schreibgeräte mit Drehspulmeßwerken sowie die beiden Fernleitungen eingefügt sind. Das bewegliche Glied der Einrichtung (Zählerscheibe, Drehspule und Sekundärwicklung der Gegeninduktivität) stellt sich selbsttätig so ein, daß die beiden Drehmomente sich gegenseitig aufheben. Der Ausgangstrom des Röhrenverstärkers, der das zur Erzeugung des Gegendrehmomentes dienende Drehspulmeßwerk, die beiden Fernleitungen und die Drehspulmeßwerke der Anzeige- und Schreibgeräte durchfließt, ist dann dem zu messenden Drehmoment des Induktionszählermeßwerkes verhältnisgleich. Die Messung ist grundsätzlich unabhängig von Spannungs- und Frequenzschwankungen des die Gegeninduktivität und den Röhrenverstärker speisenden Wechselstromnetzes, von irgendwelchen Widerstandsänderungen im Ausgangstromkreis des Verstärkers (z. B. durch Temperaturschwankungen verursachte Widerstandsänderungen der Drehspulen und der beiden Fernleitungen) und von Änderungen des Verstärkungsgrades des Röhrenverstärkers[1]). Eine ähnliche Anordnung ermöglicht, eine verlustfreie Spannungsmessung durchzuführen, bei der die zu messende Spannung nach dem Grundsatz des Kompensations-Meßverstärkers durch eine mit der Gegeninduktivität eingestellte stetig regelbare Vergleichspannung selbsttätig kompensiert wird[2]).

Bei der zweiten Einrichtung, die eine Fernmessung über Telephon- oder Starkstromleitungen auszuführen gestattet, wird mit Hilfe einer Photozelle, die mit einer den Drehgeschwindigkeiten eines Induktionszählers und eines Synchronmotors entsprechenden Frequenz belichtet wird, ein zur Fernmessung benutzter Wechselstrom moduliert, mit einem Röhrenverstärker verstärkt und dem Empfangsgerät zugeführt. Das Empfangsgerät kann als Frequenzmesser ausgebildet sein, besteht aber in einer neueren Ausführung aus zwei mit je einem Gleichstromgenerator (Drehzahldynamo) mechanisch gekuppelten Synchronmotoren, von denen der erste durch den dem zu übertragenden Meßwert entsprechenden Wechselstrom von veränderlicher Frequenz beeinflußt und der zweite mit einem Hilfswechselstrom von gleichbleibender Frequenz (50 Hz) gespeist wird. Die beiden Gleichstromgeneratoren sind in Reihe geschaltet, die von ihnen erzeugte Summen- bzw. Differenzspannung ist der vom Induktionszähler des Gebergerätes erfaßten Wechselstromleistung verhältnisgleich und entspricht der jeweiligen Energierichtung. Diese Differenzspannung wird mit einem photoelektrischen Kompensationsmeßverstärker fortlaufend gemessen und gegebenenfalls über zwei weitere Fernleitungen auf Anzeige- und Schreibgeräte mit Drehspulmeßwerken übertragen. *Ggr.*

DK 621.317.39 : 534.839

Der Geräuschspannungszeiger und seine Anwendungen. [Nach H. R. Harbottle, J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938) S. 264; 14 S., 22 Abb.]

Die Arbeit gibt einen Überblick über den Stand der Entwicklung des Leitungsgeräuschmessers. Diese hat mit den Festlegungen des CCIF[3]) einen gewissen Abschluß gefunden.

Zunächst schildert der Verfasser den Entwicklungsgang, ausgehend von den beiden ursprünglichen Leitungsgeräuschmessern, dem amerikanischen und dem deutschen, bei denen die Meßzahl in mV durch subjektiven Vergleich mit einem Schnarrsummer bzw. einem 800 Hz-Ton gewonnen wurde. Sodann geht er auf die zuerst wohl in Amerika von Osborne, dann beim British Post Office vorgenommenen Messungen der Störwirkung einzelner reiner Töne ein. Hierbei wurde eine „Störgewichtskurve" aufgenommen, die für jede Störfrequenz eine 5%-Minderung der Verständlichkeit ergab. [Ähnliche Messungen wurden auch in Deutschland durchgeführt. D. Berichter]. Auf Grund dieser Ergebnisse wurde vom CCIF eine Bewertungskurve mit bestimmten Toleranzen festgelegt, der die Frequenzabhängigkeit des objektiven Geräuschspannungszeigers entsprechen muß.

Auch die anderen Eigenschaften, wie Eingangswiderstand Empfindlichkeit, Eichbarkeit und insbesondere die Eigenschaften des Gleichrichters und des Instrumentes wurden vorgeschrieben. Diese Festlegungen werden in dem Aufsatz eingehend behandelt. Sodann werden die Mittel und besonderen Konstruktionen des vom British Post Office entwickelten Geräuschspannungszeigers weitgehend besprochen. Bemerkenswert ist, daß im Gegensatz zu den von der Industrie (Siemens & Halske, Ericcsson, Standard, ATT) entwickelten Geräten, bei denen die Bewertungskurve durch Verzerrungsglieder zwischen den Röhren der Meßverstärker erzielt wird, bei dem Gerät des British Post Office und der British Electrical Research Association hierfür ein besonders abgeschlossenes Netzwerk vorgesehen ist. Sodann wird an verschiedenen Meßbeispielen die Verwendung dieses Geräuschspannungszeigers erläutert.

Am Schluß der Arbeit werden die Grenzen, die der Verwendung des Gerätes bei der Messung gesetzt sind, besprochen; da es nur für die Messung nicht stoßartiger Geräusche vom CCIF empfohlen wird, wird für die Zukunft die Aufgabe der Messung auch dieser Geräusche gestellt. *Pzbtr.*

DK 621.385.832 : 518.5

Anwendung der Braunschen Röhre für die Auflösung von Differentialgleichungen auf elektrischem Wege. [Nach H. Kleinwächter, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 2, S. 118; 2½ S., 2 Abb.]

H. Kleinwächter zeigt eine Möglichkeit, bestimmte Differentialgleichungen, bei denen rechnerische oder graphische Lösungsverfahren nicht zum Ziele führen, mit Hilfe einer elektrischen Apparatur zu integrieren. Diese Apparatur besteht im wesentlichen in einer Schaltung aus mehreren besonderen Kathodenstrahlröhren, Selbstinduktionsspulen und Widerständen. Diese Schaltungsteile wirken in jedem Augenblick so zusammen, wie es die der Schaltung zugrunde gelegte Differentialgleichung erfordert. Zur Sichtbarmachung der Lösung wird eine normale Kathodenstrahlröhre mit Leuchtschirm oder photographischer Aufnahmevorrichtung benutzt, auf deren Schirm der Auftreffpunkt des Kathodenstrahls im Laufe der Zeit fortschreitet und so eine Lösung der Differentialgleichung in kartesischen Koordinaten gibt. In der erwähnten Arbeit sind die Schaltungen für die Gleichungen $y' + ay + bx + c = D$ und $y'' + ay' + by + cyx + dx + e = D$ gezeigt und Wege für schwierigere Gleichungen angedeutet.

DK 621.317.087.252

Über die Voraussetzungen, unter denen ein stroboskopisches Bild entstehen kann. [Nach K. Strobl, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 2, S. 100; 8 S., 2 Abb.]

Die Rückstrahlfähigkeit bzw. Lichtdurchlässigkeit des bewegten Körpers kann ebenso wie die zeitlich veränderliche Beleuchtung als Fouriersche Reihe dargestellt werden. Es zeigt sich, daß stroboskopische Bilder nur dann entstehen, wenn beide Reihen gleichfrequente Komponenten haben. Dann läßt sich Form und Helligkeitsverteilung des stroboskopischen Bildes sowie sein Kontrast als Verhältnis der größten zur kleinsten Helligkeit vorausbestimmen, und es ist umgekehrt möglich, anzugeben, wie der Lichtblitz beschaffen sein muß, wenn die Anforderungen an das stroboskopische Bild bekannt sind. Die Richtigkeit der aufgestellten Gleichungen beweist ein Versuch, bei dem gleichzeitig ermittelt wird, bei welchem geringsten Kontrast ein stroboskopisches Bild überhaupt noch erkennbar ist. Es ergibt sich, daß erst kleinere Kontraste als 1,007 nicht mehr wahrnehmbar sind. Diese hohe Empfindlichkeit des Auges erklärt die Möglichkeit, selbst mit verhältnismäßig schwachen Lichtquellen und bei Tageslicht noch stroboskopische Messungen durchführen zu können.

1) Vgl. a. H. L. Bernarde u. L. J. Lunas, Electr. Engng. 53 (1934) S. 974.
2) Vgl. a. W. Geyger, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) S. 35.
3) Weißbuch des CCIF, Bd. 4, S. 252.

DK 621.317.755

Elektronen-Vierstrahlröhre hoher Schreibgeschwindigkeit. [Nach A. Bigalke, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 2, S. 108; 10¼ S., 14 Abb.]

Der Wunsch, mehrere Meßvorgänge mit dem Elektronenstrahl-Oszillographen gleichzeitig anzuzeigen, eine in der Praxis immer wieder zu stellende Forderung, hat bisher nur zur Entwicklung von Zweistrahl-Oszillographen geführt, die seit etwa 1½ Jahren in recht vollkommener Ausführung auch serienmäßig hergestellt werden. In diesen Geräten werden Braunsche Röhren mit zwei getrennten Systemen verwendet, die ähnlich denen normaler Einstrahlröhren aufgebaut sind. Die Erweiterung auf mehr als zwei Strahlen stößt auf erhebliche technische Schwierigkeiten. Bei der entwickelten Vierstrahlröhre wird daher eine allen Strahlen gemeinsame Elektronenoptik verwendet. Um dabei gleichzeitig eine möglichst große Schreibgeschwindigkeit zu erreichen, wird das Prinzip der stufenweisen Beschleunigung benutzt. Die Beschleunigungsringe besitzen einen Durchmesser von 140 mm und bilden gleichzeitig die Hauptabbildungsoptik. Abb. 2 ist eine Schnittzeichnung der Versuchsröhre. Dadurch, daß die elektrische Meßablenkung vor der Linse bei geringer Strahlgeschwindigkeit vorgenommen wird, ergibt sich eine große Ablenkempfindlichkeit. Die Gesamtanodenspannung liegt bei 100 kV. Die Vierstrahlröhre besitzt eine photographisch registrierbare Schreibgeschwindigkeit von über 1000 km/s (Leuchtschirm-Außenaufnahme). Dieser für eine Glühkathoden-Hochvakuumröhre hohe Wert läßt das angewendete Prinzip auch für Einstrahlröhren als zweckmäßig erscheinen.

Abb. 2. Schnittzeichnung der Glühkathoden-Vierstrahlröhre für 100 kV Gesamtspannung.

Verkehrstechnik.

DK 621.335.2.024 + .025.1(73/79)

Neue Lokomotiven der New York, New Haven und Hartford-Eisenbahn. [Nach R. Walsh, Gen. Electr. Rev. 41 (1938) S. 429; 6 S., 15 Abb.]

Die sechs neuen 2 C_0C_0 2-Lokomotiven sind eine Weiterentwicklung der vorhandenen zehn Lokomotiven gleicher Achsfolge. Sie sollen eine größere Beschleunigung liefern und Schnellzüge bis zu 1220 t auf der Strecke New York — New Haven fahren. Die Höchstgeschwindigkeit ist 150 km/h, das Dienstgewicht 196 t, das Reibungsgewicht 123 t. Größere Gewichte ließen die vorhandenen Brücken nicht zu. Auf der New-Yorker Zentralbahn wird mit Gleichstrom, 660 V, gefahren, sonst mit Wechselstrom, 25 Hz, 11 000 V. Die sechs Zwillingsmotoren mit Hohlwellenantrieb liegen bei Gleichstrombetrieb zu zwei oder sechs, bei Wechselstrombetrieb stets zu zwei in Reihe. Ihre Leistung wird nicht angegeben. Aus einer Kurvenschar geht nur hervor, daß, wie bei amerikanischen Lokomotiven üblich, bei größter Zugkraft nur mit einer Haftwertgrenze von 25% gerechnet wird, und daß bei hohen Geschwindigkeiten nur noch geringe Zugkräfte erreicht werden: bei 130 km/h z. B. 9000 kg für alle Triebachsen zusammen. Die Stromlinienform des Kastenaufbaus mußte beim Entwurf der einzelnen Ausrüstungsteile berücksichtigt werden. Die Abmessungen waren eng zu halten, sämtliche Stromteiler, Anfahrwiderstände, Kommutierungsdrosselspulen usw. sind daher scharf fremd gelüftet. Der Transformator ist mit Pyranol gefüllt, die Wechselstromschütze sind an einer seiner Stirnwände befestigt. Zusammengehörige Ausrüstungsteile sind gruppenweise auf besonderem Rahmen aufgebaut, um den Aus- und Einbau bei Wiederherstellungsarbeiten zu erleichtern. Zur Zugheizung dient ein ölgefeuerter Heizkessel. Der große Bedarf an Kühlluft (1330 m^3/min) wird durch zwei Lüfter gedeckt, die durch zwei Motoren von je 34,5 kW angetrieben werden. *Tf.*

DK 621.335.43-831.1 : 621.336.3

Die erste neuzeitliche Obusanlage mit Einstangenstromabnehmer. [Nach E. Schiemann, Elektrizitätswirtsch. 37 (1939) S. 855; 3½ S., 10 Abb.]

Am 1. 12. 1938 wurde in Zwickau (Sachsen) die neueste deutsche Obusanlage dem Verkehr übergeben. Die 14,1 km lange Strecke wird zunächst von zwei Obussen bedient. Die Fahrzeuge, die nur 7,84 t wiegen, sind große Zweiachser für 50 Personen Fassungsvermögen. Als Antriebsmaschine dient ein 85 kW-Reihenschluß-Doppelkommutatormotor mit einer Drehzahl von 1600 U/min bei Stundenleistung. Die Steuerung erfolgt durch einen Feinstufen-Fahrschalter für Reihen-Parallel-Schaltung beider Motorwicklungen. Über insgesamt 320 Widerstandsstufen erfolgt völlig stoßfreie Anfahrt mit regelbarer Beschleunigung. Eine Wirbelstrombremse verhindert das zu schnelle Durchtreten des Fußschalthebels und begrenzt dadurch den Anfahrstrom, so daß Überlastung des Triebwerkes verhindert wird. Erstmalig wurde beim Zwickauer Obus eine Zusammenfassung aller Teile der Starkstromausrüstung in einem Apparateschrank an der Wagenstirnwand durchgeführt. Als besondere Neuerung ist der zweipolige Einstangen-Stromabnehmer zu betrachten. Diese schon seit 30 Jahren bekannte und bei verschiedenen früheren Anlagen angewendete Kontaktart ist in den letzten Jahren weiterentwickelt worden, so daß sie heute allen Ansprüchen auf Kontaktsicherheit bei hohen Geschwindigkeiten, auch in Kurven, genügt. Fahrzeuge mit Einstangenkontakt sind sehr wendig, weil der Stangenausschlag seitlich nicht begrenzt ist und das einmalige Umlegen der Kontaktstange um 180° ein Wenden des Wagens an gerader Fahrleitung an jeder räumlich geeigneten Stelle der Strecke gestattet. Diese günstige Wendemöglichkeit, die den Bau von Fahrdrahtschleifen am Streckenende entbehrlich macht, wird bei der Zwickauer Anlage voll ausgenutzt, da sowohl in Weißenborn als auch in Stenn der Bau einer Endschleife räumlich auf Schwierigkeiten stieß. *Vb.*

Lichttechnik.

DK 621.327.31—713.1

Quecksilber-Höchstdrucklampe mit Wasserkühlung. [Nach E. B. Noel u. R. E. Farnham, J. Soc. Mot. Pict. Engrs. 31 (1938) S. 221; 19 S., 17 Abb.]

Noel und Farnham beschreiben eine neue Ausführungsart einer wassergekühlten Quecksilber-Höchstdrucklampe, die aus einem Quarzröhrchen von 40 mm Länge, 6 mm Außen- und 2 mm Innendurchmesser besteht. Als Elektroden dienen Wolframdrähte, die an beiden Enden des Röhrchens mittels Sondergläsern eingeschmolzen sind. Die Spitzen der Drähte ragen innen knapp aus einer kleinen Quecksilbermenge hervor. Zur intensiven Kühlung ist die Lampe in ein Glasgefäß eingesetzt, das für Wasserdurchlauf eingerichtet ist (Abb. 3). Zwecks Erhöhung der Durchflußgeschwindigkeit ist der Brenner von einem Glasrohr umgeben, dessen Innendurchmesser so bemessen ist, daß der Zwischenraum zwischen ihm und dem Brenner nur 1 mm beträgt. Durch diese Querschnitteinengung wird bei der vorgesehenen Durchflußmenge von etwa 3 l/min eine sehr hohe Strömungsgeschwindigkeit erzielt, so daß die Bildung von Dampfblasen verhindert wird. Die Elektroden sind an Messingkappen angeschlossen, die den beiderseitigen Abschluß des

Abb. 3. Quecksilber-Höchstdrucklampe: links der Brenner allein, rechts Brenner in der wassergekühlten Schutzhülse.

Kühlgefäßes bilden. Da beide Elektroden mit dem Wasser Berührung haben, liegt der Wasserwiderstand zum Bogen parallel. Infolge der Querschnitteinengung des Wasserstromes ist jedoch der Widerstand der Wassersäule so hoch, daß der durch sie fließende Strom nur 10 bis 25 mA beträgt und die Bogenentladung nicht beeinträchtigt. Für transportable Geräte sind Vorrichtungen für Umlaufkühlung entwickelt worden, um vom Anschluß an die Wasserleitung unabhängig zu sein.

Zur Erleichterung der Zündung ist das Entladungsrohr mit Argon von 50 Torr gefüllt. Nach der Zündung verdampft das Quecksilber und der Druck steigt auf den Wert von 75 at. Die Lampe ist üblicherweise für Wechselstrombetrieb an einem Streufeldtransformator bestimmt, dessen Leerlaufspannung 1200 V beträgt. Im Augenblick der Zündung bricht die Spannung zusammen und steigt mit Zunahme des Dampfdrucks auf 840 V an, während die Stromstärke von 2,6 auf 1,4 A zurückgeht. Die Leistungsaufnahme beträgt 1000 W am Rohr. (Bei Gleichstrom kann die Lampe mit einer um 15% geringeren Stromstärke betrieben werden.) Der Bogen hat eine Länge von 25 mm, die Lichtausbeute beträgt 65 lm/W, die größte Leuchtdichte 30 000 Kerzen/cm². Die Lampe erreicht bereits 1 bis 2 s nach dem Einschalten ihre volle Leuchtdichte. Infolge der relativ geringen Wärmeentwicklung und der intensiven Kühlung kann die Lampe nach dem Ausschalten sogleich wieder gezündet werden. Während der Brenndauer steigt die Lampenspannung allmählich an, während Stromstärke und Wattaufnahme abnehmen.

Für viele praktische Anwendungszwecke ist die geringe Wärmeentwicklung der Lampe von besonderer Bedeutung. In dieser Hinsicht ist ein Vergleich mit einer 1000 W-Projektionsglühlampe mit Leuchtkörper in zwei Ebenen interessant, aus dem die in den einzelnen Spektralbereichen ausgesandte Strahlungsenergie der beiden Lichtquellen hervorgeht.

	1000 W Proj.-Lampe bei 27,5 lm/W	1000 W wassergekühlte Hg-Höchstdruck-Lampe
Ultraviolett (3000 ··· 4000 Å)	5 W	20 W
Licht (4000 ··· 7600 „)	145 W	284 W
Infrarot (7600 ··· 14 000 „)	690 W	76 W
Gesamtstrahlung	840 W	380 W
Gesamtlichtstrom	27 500 lm	65 000 lm

Um den gleichen Lichtstrom zu erzeugen, ist also bei der wassergekühlten Quecksilber-Höchstdrucklampe nur 42% der bei der Glühlampe erforderlichen Leistung aufzuwenden, während die ausgestrahlte Energie auf $^1/_5$ herabgesetzt wird. Als Anwendungsgebiete der neuen Lichtquelle werden u. a. genannt: Photographie, Kinoprojektion, Hochfrequenzkinematographie, Tricktischbeleuchtung, Filmkopieren, Fernsehen. *Frh.*

Bergbau und Hütte.

DK 621.3 : 622

Erhöhte Sicherheit durch den elektrischen Betrieb in Bergwerken unter Tage. [Nach H. Bohnhoff, Elektr. i. Bergbau 13 (1938) S. 67; $2^1/_2$ S., 3 Abb.]

Nach einer kurz zusammenfassenden Betrachtung über die Entwicklung der Elektrifizierung der Bergwerke unter Tage in der Nachkriegszeit wird darauf hingewiesen, daß die Unfälle, die durch die Elektrizität unter Tage bisher hervorgerufen worden sind, gegenüber den übrigen Unfallarten außerordentlich stark in den Hintergrund treten. Trotzdem wird es als notwendig erachtet, daß alle beteiligten Stellen auch weiterhin bemüht bleiben, die Sicherheit der elektrischen Geräte und Maschinen sowie auch des Betriebes der elektrischen Anlagen zu erhöhen. Bei allen Erörterungen über die Sicherheit des elektrischen Betriebes unter Tage und insbesondere bei Schlagwettergruben wird die Tatsache nicht genügend gewürdigt und erkannt, daß die Elektrizität auf der anderen Seite eine Reihe von nennenswerten Möglichkeiten bietet, die Sicherheit des Untertagebetriebes zu erhöhen. Eine gute Allgemeinbeleuchtung der Grubenräume bietet Vorteile, insbesondere in Verbindung mit einer besonderen elektrischen Signalschaltung. Hierdurch ist man in der Lage, insbesondere die in der Unfallstatistik im Vordergrund stehenden Gefahren durch Stein- und Kohlenfall sowie bei der Fahrung in Strecken und blinden Schächten aufs wirksamste zu bekämpfen. Durch die Sicherheitseinrichtungen der elektrischen Häspel erreicht man erhöhte Sicherheit bei der Fahrung in blinden Schächten; ferner bieten elektrisch angetriebene Lüfter für die Sonderbewetterung besondere Vorteile. Der elektrische Betrieb erzieht zwangsläufig zur Ordnung und trägt somit allgemein zur Schärfung der Sinne der Belegschaft bei. *Vb.*

Elektrische Antriebe.

DK 621.34 : 624.8

Die Hubbrücke am Handelshafen Magdeburg. [Nach Hasper, Siemens-Z. 18 (1938) S. 495; $1^1/_2$ S., 4 Abb.]

Die Zufahrt zu dem alten Handelshafen Magdeburg ist durch eine Hubbrücke überspannt, deren hydraulischer Antrieb in langer Dienstzeit unbrauchbar geworden war. Die guten Erfahrungen, die bei der Hubbrücke über die Stromelbe in Magdeburg[1]) und bei vielen anderen ähnlich wichtigen Eisenwasserbauten mit der sogenannten „elektrischen Welle" gemacht wurden, veranlaßten dazu, dieses Prinzip auch für die neue Ausrüstung der Hubbrücke am Handelshafen anzuwenden.

Jedes der beiden Triebwerke an den Brückenenden wird von einem Drehstrommotor mit Doppelstabläufer (550 V, 50 Hz, 10,5 kW, 15% ED) angetrieben, der mit einer gleichgroßen Ausgleichmaschine elastisch gekuppelt ist. Die Schleifringläufer der Ausgleichmaschinen sind durch ein Kabel miteinander verbunden, das keinen Strom führt, solange die Antriebmotoren gleichbelastet sind, also von sich aus mit gleicher Drehzahl laufen. Wird dieser Zustand durch irgendwelche Einflüsse elektrischer oder mechanischer Natur gestört, so wird der behinderten Antriebseite vom anderen Antrieb her über die „elektrische Welle" soviel Energie zugeführt, daß der Zustand gleicher Belastung und gleicher Drehzahl augenblicklich wieder hergestellt ist. Die Ausgleichmaschinen sind so bemessen, daß auch bei völligem Ausfallen eines Antriebmotors der Gleichlauf der beiden Brückenenden gewahrt bleibt, also die „elektrische Welle" in ihrer Sicherheit der mechanischen Welle nichts nachgibt. *Gst.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.396.67.014.1 : 621.396.029.6

Die Verteilung ultra-hochfrequenter Ströme auf langen Sende- und Empfangsantennen. [Nach L. S. Palmer u. K. G. Gillard, J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938) S. 415; 9 S., 9 Abb.]

Die Stromverteilungen auf langen Sende- und Empfangsantennen werden rechnerisch untersucht und die Ergebnisse der Theorie durch Modellversuche nachgeprüft. Die freie, d. h. in genügendem Abstand vom Boden aufgehängte Sendeantenne wird an beliebiger auch außerhalb der Antennenmitte liegender Stelle P (Abb. 4) erregt. Die Theorie ergibt

1. eine sinusförmige Stromverteilung mit $\lambda/2$ Abstand der Knoten, und Knoten an den Antennenenden A und B
2. eine gegenseitige Abhängigkeit der Ströme in den beiden vom Erregungspunkt P getrennten und im allgemeinen verschieden langen Teilen PA und PB der Antenne.

A P B

A, B Antennenenden
P Erregungsspule

Abb. 4. Sendeantenne.

Insbesondere ist der Strom in einem Antennenteil überall gleich Null, wenn der andere Teil ein ganzes Vielfaches einer halben Wellenlänge beträgt.

Anm. d. Ber.: In der Deutung dieser Erscheinung ist dem Verfasser allerdings ein Irrtum unterlaufen. Die beiden Teile PA und PB sind für die Energiequelle P nicht als parallelgeschaltete, sondern als hintereinandergeschaltete Belastungen aufzufassen. Für ein ganzzahliges Vielfaches der halben Wellenlänge ist die Impedanz des einen Antennenteils unendlich groß und nicht gleich Null, so daß bei Hintereinanderschaltung der beiden Teile die Gesamtspannung an diesem Teil liegt. Die irrtümliche Auffassung ist offenbar dadurch entstanden, daß bei einpoliger Erregung einer erdnahen Antenne die Teile PA und PB als parallel geschaltet aufgefaßt werden können. Dann aber liegen die Verhältnisse so, daß bei einem ungeradzahligem Vielfachen einer Viertelwellenlänge für den einen Antennenteil der Strom im andern Teil verschwindet.

Die unter 1 und 2 genannten Erscheinungen werden im Modellversuch bei einer Wellenlänge von 74 cm geprüft. Die sinusförmige Verteilung und der Knotenabstand werden durch den Versuch bestätigt. Eine gewisse Knotenverschiebung wird hauptsächlich durch kapazitive Endeffekte und den gemessenen Einfluß des Thermostrommessers erklärt (der Phasensprung am Antennenende ist nicht gleich π, der Strom nicht exakt

[1]) Vgl. Hasper, Siemens-Z. 14 (1934) S. 401.

Null). Bei Berücksichtigung dieser Korrektionen ist die Übereinstimmung zwischen Theorie und Versuch gut.

Bei der rechnerischen Untersuchung von bodenfernen Empfangsantennen wird die zuerst von Korshenewsky[1]) mitgeteilte, nicht mehr sinusförmige Verteilung wiedergefunden. Die Knoten haben jetzt einen Abstand von einer ganzen statt einer halben Wellenlänge. Die Verteilung kann durch eine Sinuslinie dargestellt werden, deren Achse parallel zur Antenne verschoben ist. Der endgültige Ausdruck für die Stromverteilung enthält die Korrektionen für den Thermostrommesser und die Endkapazitäten. Auch hier ist die Übereinstimmung zwischen Theorie und Versuch recht gut. Die für die Versuche benutzten Antennenlängen lagen zwischen etwa 0,8 λ und 2,5 λ. *Gkf.*

DK 621.396.82.08

Richtungsbestimmung von atmosphärischen Funkstörungen. [Nach F. E. Lutkin, J. Instn. electr. Engrs. 82 (1938) S. 289; 14 S., 9 Abb.]

Es wird ein selbsttätiges Gerät zur laufenden Aufzeichnung der Einfallsrichtungen von kurzzeitigen atmosphärischen Funkstörimpulsen beschrieben. Das Meßgerät besteht aus zwei senkrecht gekreuzten Empfangsrahmen von je 1 m² Fläche und 0,034 H Induktivität mit gemeinsamer Drehachse und aus einer 6 m hohen Vertikalantenne, die mit dem einen Drehrahmen verbunden ist. Jeder Rahmen arbeitet für sich auf einen dreistufigen HF-Verstärker, einen Anodengleichrichter und einen Tiefpaß von 400 Hz Grenzfrequenz. Beide Tiefpässe sind gemeinsam mit einem Oszillographen nach Abraham-Bloch verbunden. Die beiden Empfangsrahmen und die Trommel der Registriervorrichtung drehen sich fortlaufend mit der gleichen Drehgeschwindigkeit von 4 U/h. Durch Überlagerung der beiden Rahmenkennlinien und der Kennlinie der Vertikalantenne wird ein eindeutiges Polardiagramm des Richtempfängers von 20° Breite erzielt. Die batteriegespeiste Meßeinrichtung stand in einer Holzhütte weitab von Drahtzäunen, Kabeln und Telegraphenleitungen, durch die sonst Richtungsänderungen der ankommenden Störimpulse hervorgerufen werden könnten. Mit einem Kontrollgerät, das kurzzeitige Impulse konstanter Amplitude erzeugt, wurde die Empfindlichkeit des Meßgerätes dauernd überwacht und konstant gehalten.

Mit dieser Meßeinrichtung wurden die in England auftretenden atmosphärischen Funkstörungen über mehrere Jahre hindurch laufend aufgezeichnet, wobei der Richtempfänger auf 10 kHz ($\lambda = 30$ km) abgestimmt war. Die Auswertung der in den Jahren 1930 bis 1933 aufgenommenen Oszillogramme ergibt, daß die meisten atmosphärischen Funkstörungen in England aus dem Westen oder Südwesten kommen. Diese Störungen führt der Verfasser auf das große Gewitterzentrum in Äquatorialamerika zurück. Die Stärke der Störungen hängt von dem jeweiligen Ionisationszustand des Ausbreitungsweges zwischen dem Gewitterzentrum und dem Richtempfänger ab. Im Sommer treten zusätzliche Störungen aus dem Osten und Südosten auf, die durch örtliche Gewitter in näherer oder weiterer Umgebung des Empfängers verursacht werden. In Kurven sind die ungefähren Stärken der atmosphärischen Funkstörungen für alle Richtungen und Jahreszeiten dargestellt. *Mnl.*

DK 621.396.812.029.6

Unregelmäßige Veränderungen bei der Kurzwellenausbreitung auf Übersee-Entfernungen. [Nach H. A. Hess, Funktechn Mh. (1938) H. 8, S. 225; 8 S., 9 Abb.]

Der Verfasser behandelt im Anschluß an seine früheren Arbeiten die Ausbreitungsbedingungen elektromagnetischer Wellen im „Grenzwellengebiet", d. h. im Wellenbereich von etwa 8 bis 15 m. Während die Übertragung in der Nord-Süd-Richtung im allgemeinen keine Schwierigkeiten macht, zeigen sich in der Ost-West-Richtung jahreszeitliche Veränderungen. Verbindungen auf Wellen von 10 bis 8 m konnten nur in den Wintermonaten hergestellt werden. Im allgemeinen war im Amerikaverkehr eine Übertragungsmöglichkeit gegen 16⁰⁰ MEZ vorhanden. Der jahreszeitliche Unterschied der Übertragungsbedingungen wird wahrscheinlich durch die Änderung der F_2-Ionisation bewirkt, die im Winter etwa den doppelten Wert der im Sommer vorhandenen erreicht.

Weiter geht der Verfasser auf plötzliche Störungen der Ionosphäre und deren Zusammenhänge mit der Sonnentätigkeit und den erdmagnetischen Störungen ein. Der Verfasser stützt sich hierbei auf Beobachtungen der Oberwelle der japanischen Kurzwellenstation Nagoya (10,75 m), deren relative Empfangsfeldstärken von ihm in der Zeit vom 9. 8. bis 3. 9. 1937 in Pieskow (Scharmützelsee) aufgezeichnet wurden. An diesen Messungen ist zu erkennen, daß an Tagen nach magnetischen Stürmen eine erhebliche Verminderung der Empfangsfeldstärke bzw. ein vollständiges Aussetzen des Empfanges eintritt. Gelegentlich findet sich der als Dellinger-Effekt bezeichnete Kurzschwund. Zwei Tage, der 19. und 25. 8., fallen ganz aus dem allgemeinen Rahmen heraus. Während die Oberwelle von Nagoya sonst nur vormittags durchkam, treten hier unerwartet auch nachmittags gegen 15⁰⁰ gute Übertragungsbedingungen auf. Diese Erscheinung ist von keiner Störung des Erdmagneten oder der Sonne begleitet. Der Verfasser ist der Ansicht, daß es sich hier um eine selten auftretende Unregelmäßigkeit handelt, deren Ursache vielleicht in kosmischen Einflüssen zu suchen ist.

Im Hinblick auf die Zusammenhänge zwischen Sonnentätigkeit und Störungen wird festgestellt, daß bei einer Anzahl von Fällen der im August 1937 aufgetretenen Dellingereffekte gleichzeitig auf der Sonne chromosphärische Eruptionen gesehen wurden.

Zum Schluß behandelt der Verfasser die jährlichen Veränderungen der Ausbreitung im Grenzwellengebiet. Es zeigt sich, daß mit zunehmender Sonnenfleckenperiode die Zeitspanne, in der in den Wintermonaten eine Übertragung unter 10 m möglich wird, anwächst, und daß in den Jahren von 1935 bis 1937, d. h. also auf dem Wege zum Sonnenfleckenmaximum, sich die Grenzwellenlänge von etwa 10 m nach 6,5 m verschoben hat. *B. Bn.*

DK 621.396.81.029.6

Ungewöhnliche Reichweite von Funksignalen. [Nach J. A. Pierce und H. R. Mimno, Phys. Rev. 54 (1938) S. 475; 2½ S., 2 Abb.]

Am 5. 6. 1938 wurden in Amerika ungewöhnlich große Reichweiten im Frequenzband von 56 bis 60 MHz beobachtet. Die Verfasser betrachten die Zahl der hergestellten Amateurverbindungen in Abhängigkeit von der Entfernung der Stationen vom Empfangsort. Hierbei zeigt sich, daß nach dem zunächst mit wachsender Entfernung auftretenden normalen Abfall in dem Entfernungsbereich zwischen 500 bis 1600 km ein ausgeprägtes starkes Maximum in der Zahl der Verbindungen vorhanden ist. Es wird angenommen, daß für die hier liegenden Stationen der Übertragungsweg über die Ionosphäre geht, was eine für diese Sprungentfernung hinreichend große Ionisation voraussetzt. Daß eine solche tatsächlich an diesem Tage vorhanden war, bestätigen Echomessungen aus Cambridge (Massachusetts), bei denen eine außergewöhnlich starke Ionisationszunahme in der E-Schicht gefunden wurde. Aus den Empfangsbeobachtungen werden bei Annahme einer Reflexionshöhe von 120 km und unter Berücksichtigung der Richtungsabhängigkeit der Zahl der Verbindungen Ionisationswerte errechnet und in einer Karte von Nordamerika Kurven konstanter Ionisation für diesen Tag eingezeichnet. Der höchste so gefundene Ionisationswert war $5 \cdot 10^6/\mathrm{cm}^3$. *B. Bn.*

DK 621.395.34

Ein neues Verfahren für die Gleichstromwahl über Fernleitungen mittlerer Länge. [Nach W. H. B. Cooper, Post Off. electrs. Engr. J. 31 (1938) S. 108; 4 S., 7 Abb.]

Die britische Postverwaltung wendet auf kurzen Fernleitungen die gewöhnliche Gleichstromfernwahl an. Für Weitverkehrsleitungen ist die Einführung der Tonfrequenzfernwahl mit 2 Frequenzen in Aussicht genommen. Da die gewöhnliche Gleichstromfernwahl nur eine verhältnismäßig geringe Reichweite hat, die Tonfrequenzfernwahl aber nur für lange Leitungen wirtschaftlich ist, fehlte es bisher in England an einem geeigneten Wählverfahren für Fernleitungen mittlerer Länge, zumal die in Deutschland hierfür in großem Umfang angewendete Wechselstromfernwahl (50 Hz) in England nicht eingeführt ist. Das neue Gleichstromwählverfahren, das die bestehende Lücke ausfüllen soll und das in seinen Grundzügen aus Abb. 5 ersichtlich ist, gründet sich auf Erfahrungen der Telegraphie.

Der Stromstoß-Sendekontakt k ist so angeordnet, daß er während der Schließung die Sendespannung an die Leitung legt und während der Pause zwischen zwei Stromstößen die Leitung kurzschließt. Hierdurch wird ähnlich wie beim Doppelstrombetrieb in der Telegraphie vermieden, daß die Zeichen am ankommenden Ende der Leitung zu langsam abklingen und bei rascher Stromstoßfolge zusammenlaufen, wie das bei der gewöhnlichen Gleichstromwahl (einfaches Öffnen und Schließen des Stromkreises) über längere Kabel wegen der Kapazität der Fall sein würde. Auf der Empfangsseite wird die Leitung mit einem geeigneten Übertrager abgeschlossen, bei dem die am

[1]) N. v. Korshenewsky, Z. Phys. 10 (1920) S. 604.

Beginn und Ende jedes Zeichens in der Zweitwicklung auftretenden Spannungsstöße ausgenutzt werden (differentiated impulse system). Diese Spannungsstöße wirken auf das Gitter einer Verstärkerröhre, in deren Anodenkreis ein polarisiertes Relais *P* liegt, das über Hilfsrelais *H*, *B* die empfangenen Stromstöße an den nächsten Wähler weitergibt.

k Stromstoß-Sendekontakt *P* polarisiertes Relais *H*, *B* Hilfrelais

Abb. 5. Schaltung des Gleichstrom-Fernwahlsystems.

Versuche, die die britische Postverwaltung mit diesem Verfahren ausführte, ergaben auf einem 160 km (100 miles) langen, unbespulten 0,9 mm (20 lb) Vierer eines künstlichen Sternkabels bei einer Sendegeschwindigkeit von 11 Stromstößen je Sekunde und einem Stromstoßverhältnis 28:62 eine Verzerrung von nur ±5 ms. *Zsch.*

DK 621.396.5.001.2

Untersuchungen in der Funkfernsprechtechnik. [Nach R. Bown, J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938) S. 395; 8 S., 7 Abb.]

Zuerst berichtet der Verfasser über Ausbreitungsversuche, die die englische Postverwaltung im Jahre 1933 mit KW-Richtantennen zwischen der Sendestation Rugby in England und der Empfangsstation Holmdel, New Jersey in V. S. Amerika, durchführte. Mit einem einfachen Richtempfangs-Antennensystem wurden am Empfangsort die vertikalen Einfallswinkel der ankommenden KW-Impulse gemessen, und mit einer Braunschen Röhre Kurvencharakter und Anzahl der eintreffenden Impulse beobachtet. Diese Impulssendungen führten zu folgenden Erkenntnissen über die Vorgänge der KW-Ausbreitung: Infolge verschiedener Ausbreitungswege werden stets mehrere Impulse mit verschiedenen Laufzeiten und Einfallswinkeln empfangen. Zwischen den Impulslaufzeiten und den Einfallswinkeln gibt es eine bestimmte Beziehung, und zwar folgende: Je länger die Impulslaufzeit ist, desto größer ist der vertikale Einfallswinkel. Eine einfache Richtantenne empfängt infolge ihres breiten Polardiagrammes Wellenzüge verschiedener Einfallsrichtungen gleichzeitig, die selektiven Schwund und somit Verzerrungen verursachen. H. T. Friis und C. B. Feldman entwickelten ein unter der Abkürzung „musa" (= multiple-unit steerable antenna) bekanntgewordenes Richtempfangs-Antennensystem, das ein so scharf gebündeltes Polardiagramm besitzt, daß es die Wellenzüge der verschiedenen Einfallsrichtungen zu trennen vermag und nur die Signalkomponenten gleicher Laufzeiten empfängt. Die Musa-Antenne besteht aus 6 hintereinander aufgestellten waagerechten Rhombusantennen, die über 6 getrennte koaxiale Kabel und Phasenschieber gemeinsam auf einen Empfänger mit Braunscher Röhre als Anzeigegerät arbeiten. Die Phasenschieber werden mechanisch so gesteuert, daß sich durch Drehen einer einzigen Kontrolleinrichtung die Antennenanordnung auf jeden beliebigen Vertikalwinkel einstellen läßt. Mit dieser neuen Richtempfangsantenne erzielt man zwei wesentliche Verbesserungen: Die scharfe Bündelung schließt einmal alle Störgeräusche aus, die nicht den gleichen Einfallswinkel wie das empfangene Nutzsignal haben. Sodann werden durch Trennung der Wellenzüge mit verschiedenen Laufzeiten die selektiven Schwunde und die dadurch bedingten Verzerrungen erheblich herabgesetzt. Bei der in Holmdel benutzten Musa-Antenne ließ sich das Verhältnis Nutz- zu Störpegel um 7 bis 8 db verbessern.

Im zweiten Kapitel werden Versuche über die Abstrahleigenschaften von Richtsendeantennen bestimmter Formgebung beschrieben, die jedoch noch nicht abgeschlossen sind.

Das dritte Kapitel ist den Dynamikregeleinrichtungen in der Funkfernsprechtechnik gewidmet. Zunächst wird die Wirkungsweise des Compandors besprochen, der auf der Senderseite aus dem Dynamikpresser (Kompressor) und auf der Empfangsseite aus dem Dynamikdehner (Expandor) besteht. Dieser Dynamikregler kommt nur für den Funkfernsprechverkehr auf langen Wellen in Frage. Bei Kurzwellenverbindungen würden die durch Schwund hervorgerufenen unechten Lautstärkeschwankungen zu starke Dynamikverzerrungen erzeugen. Hierfür wurde auf der Empfangsseite ein Geräuschverminderer entwickelt, der erst bei größeren Eingangsspannungen die Verstärkung regelt und dadurch zu den Zeiten geringer Lautstärke die Geräusche vollkommen unterdrückt. In den V. S. Amerika werden Lautstärkebegrenzer bei Rundfunksendern zur Vermeidung von Überlastung und zur Hebung des mittleren Sprachpegels angewandt. Als Sprachspitzenbegrenzer werden sie auch bei der Mehrfachträgerstromtelephonie zur Verringerung der gegenseitigen Störungen benutzt. Schließlich wird eine unter der Abkürzung „vogad" (voice-operated gain-adjusting device) bekanntgewordene Dynamikregeleinrichtung beschrieben, die aus zwei Regelkreisen besteht. Der eine Kreis überwacht die Eingangslautstärke und schaltet bei zu geringer Lautstärke die Verstärkung ab, der andere Kreis dagegen begrenzt die Ausgangslautstärke.

Das vorletzte Kapitel behandelt die Fragen der trägerlosen Einseitenbandtelephonie. Gegenüber der normalen Zweiseitenbandtelephonie besitzt die trägerlose Einseitenbandtelephonie bekanntlich zwei Hauptvorteile: Erstens ist auf der Senderseite die in dem einzigen Seitenband steckende Effektivleistung etwa viermal so groß, zweitens wird auf der Empfangsseite infolge der halben Bandbreite ein entsprechend trennschärferer Empfänger verwendet, wodurch das Verhältnis Nutz- zu Störpegel insgesamt um etwa 9 db verbessert wird. Außerdem treten bei trägerlosem Einseitenbandempfang keine Übermodelungsverzerrungen auf, die bei normalem Zweiseitenbandempfang durch selektiven Trägerschwund hervorgerufen werden. Zwischen Holland und Java wurde der erste kommerzielle KW-Einseitenband-Telephonieverkehr eingerichtet und zu einem Mehrfachkanalsystem ausgebaut.

Das Schlußkapitel befaßt sich mit Mehrfachkanalproblemen in der Funkfernsprechtechnik. Es handelt sich hierbei darum, daß mit einer einzigen Trägerfrequenz gleichzeitig mehrere Telephonie- und Telegraphiekanäle ausgestrahlt werden. Durch Kreuzmodelung in den Senderleistungsstufen können starke Kombinationsverzerrungen auftreten. Die ungeradzahligen Modelungsprodukte dritter und höherer Ordnung verursachen unerwünschte Seitenfrequenzen höherer Ordnungen, wodurch das zu übertragende Frequenzband unzulässig stark verbreitert wird. Vor allem fallen die höheren Seitenfrequenzen des einen Kanals in den Bereich des anderen. Modelungsprodukte, die den eigenen Sprechkanal verzerren, dürfen höchstens 5 % der Nutzamplitude betragen, Modelungsprodukte, die infolge Kreuzmodelung in andere Funkfernsprechkanäle fallen, dagegen nur 1 % des Nutzpegels. *Mnl.*

DK 621.396.223 (494)

Die schweizerische Funktelegraphiestation Prangins. [Nach S. C. Anselmi, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 29 (1938) S. 588; 4 S., 7 Abb.]

Die Gesellschaft Radio-Schweiz schuf im Jahre 1929 das Radiozentrum Genf mit Prangins als Sendestation und Colovrex als Empfangsstation. In Prangins wurde zunächst ein 50 kW-Langwellen-Telegraphiesender für den Europaverkehr errichtet. Auf Grund eines Vertrages zwischen der Gesellschaft Radio-Schweiz und dem Völkerbund wurden im Jahre 1931 zwei 20 kW-Kurzwellen-Telegraphiesender für Überseeverkehr gebaut. Diese drei Sender und ihre Antennenanlagen werden ausführlich beschrieben.

Der 50 kW-Langwellen-Telegraphiesender wurde von der Marconi-Gesellschaft gebaut, arbeitet auf der Welle 4225 m (71 kHz) und besitzt eine Reichweite von etwa 3000 km, so daß er in allen Ländern Europas empfangen werden kann. Die Steuerstufe des dreistufigen Senders ist mit einer 200 W-Röhre, die Zwischenstufe mit einer wassergekühlten 12 kW-Röhre und die Endstufe mit sechs wassergekühlten 12 kW-Röhren in Parallelschaltung ausgerüstet. Zur Vermeidung starker Belastungsschwankungen beim Tasten arbeitet der Sender mit Lastausgleich. Die Senderenergie wird zur Unterdrückung der Oberwellen über einen Tiefpaß und über eine Doppelleitung von 500 Ω Wellenwiderstand zur Antenne geleitet. Die L-Antenne besteht aus einer waagerechten Flächenantenne von 4 Drähten, die zwischen zwei 125 m hohen Türmen von 228 m Abstand gespannt ist. Als Erde dient ein 50 cm tief eingegrabenes Kupferdrahtnetz von 50 m Dmr. und 14 km Gesamtlänge.

Der eine von den zwei 20 kW-Kurzwellensendern für Telegraphie- und Telephoniebetrieb wurde von der Société Française Radio-Electrique und der andere von der Marconi-Gesellschaft gebaut. Der SFR-Sender arbeitet im Wellenbereich 14 bis 40 m auf den 3 festen Wellen 16,23 m, 20,64 m und 38,47 m, der

Marconi-Sender dagegen im Wellenbereich 14 bis 100 m auf den 4 Wellen 16,26 m, 26,32 m, 32,10 m und 44,93 m. Die von 300 bis 10000 V regelbaren Anodenspannungen werden 3 Umformersätzen von je 60 kW entnommen. Durch Frequenzvervielfachung wird jede der 3 Betriebswellen des SFR-Senders von einem Steuerquarz abgeleitet. Alle HF-Verstärkerstufen sind in Gegentakt geschaltet. Die zwei letzten Stufen sind mit wassergekühlten Röhren bestückt. Beim Marconisender dagegen werden die entsprechenden Betriebsfrequenzen in einer Multivibrator-Anordnung aus einer einzigen Steuerfrequenz (1869 kHz) abgeleitet. Die Leistungsstufe wird mit 4 wassergekühlten Röhren in Gegentaktschaltung betrieben. Beide KW-Sender werden in der Heisingschaltung gemodelt, die im Telegraphiebetrieb als Lastausgleich dient.

Der Verkehr mit allen Ländern der Erde ist durch mehrere Richtantennensysteme gesichert. In Prangins senden von den 4 Marconi-Richtstrahlern je zwei nach dem Fernen Osten und nach Südamerika. Die beiden Telefunken-Tannenbaumantennen strahlen nach Australien und Indien bzw. nach Mittelamerika. Die Marconi- und Telefunken-Richtstrahler sind jeweils nur auf eine einzige Welle abgestimmt. Dagegen strahlen zwei von der Standard gelieferte Rhombusantennenanordnungen mit einem Wellenwiderstand von 600 Ω im Wellenband von 15 bis 45 m jede gewünschte Welle aus. Zur Vermeidung von Reflexionen ist das offene Ende der Rhombusantenne mit einem Stahldrahtnetz abgeschlossen, das ebenfalls 600 Ω Wellenwiderstand besitzt wie die als Doppelleitung ausgebildete Speiseleitung am anderen Antennenende. Die konzentrische Energieleitung der Marconiantenne besitzt einen Wellenwiderstand von 75 Ω. Die Energieleitungen sind über Transformatoren an die Antennen und Sender richtig angepaßt. *Mnl.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 537.523

Zur Theorie der Zündung langer positiver Säulen. [Nach R. Seeliger u. K. Bock, Z. Phys. 110 (1938) S. 717; 9½ S., 6 Abb.]

Aus verschiedenen Überlegungen und experimentellen Untersuchungen wird gefolgert, daß es sich bei der Zündung langer Entladungsrohre um verwickelte und zum Teil noch völlig unbekannte Vorgänge handelt. Es ist aus experimentellen Untersuchungen bisher nur bekannt, daß die Zündspannung mit zunehmender Rohrlänge und mit abnehmendem Rohrdurchmesser zunimmt. Die Theorie des Zündvorganges der Säule von Steenbeck und Mierdel vermag jedoch die Zündung in einem U-förmig gekrümmten Rohre nicht mehr zu erklären, da sie ein longitudinales Feld im Rohr voraussetzt, während der Feldverlauf zu Beginn der Zündung schematisch dem der Abb. 6 gleicht.

Abb. 6. Feldverlauf vor der Zündung der Bogensäule.

Im Verlauf des Zündvorganges muß sich dieses Feld nun in ein solches mit einer starken longitudinalen Feldkomponente umbilden. Es wird angenommen, daß der Säulenzündung die Zündung einer „Grundentladung" vorausgeht, wobei die Zündspannung dieser Grundentladung keineswegs mit der Spannung, bei der die Säule durchzündet, übereinstimmt.

Die Grundentladung ist als eine Trägerquelle an der ungeerdeten Elektrode anzusehen. Die Rechnung ergibt nun bei Rohrlängen, die im Vergleich zum Rohrdurchmesser groß sind, daß die Träger sich weder durch Diffusion ohne longitudinales Feld noch mit einem solchen „Führungsfeld" über das ganze Rohr verteilen können. Die Trägerquelle muß sich daher selbst aus der Grundentladung als Front einer Zündwelle vorschieben. Dabei spielt offenbar die Rohrwand als geometrische Führung eine wichtige Rolle, indem sie die Trägerwolke zusammenhält und allen Rohrkrümmungen folgen läßt.

Weiter wird noch über eine systematische Untersuchung über die Beeinflussung der Säulenzündspannung durch Metallschellen auf der äußeren Rohrwand berichtet. *ffe.*

DK 537.521.6.001.4

Zündspannungsabsenkung bei Fremdionisierung. [Nach C. Brinkmann, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 2, S. 121; 10 S., 12 Abb.]

C. Brinkmann veröffentlicht neuere Untersuchungen über die bei Bestrahlung auftretende Zündspannungsabsenkung der elektrischen Entladung in atmospärischer Luft. Ein kurzer Überblick über das auf diesem Gebiete vorliegende Schrifttum leitet die Arbeit ein.

Das Ziel der Untersuchungen war, die von Rogowski und Wallraff[1]) durchgeführten Messungen über Fremdionisierung und Durchschlagssenkung — auf Grund früherer Ergebnisse des Verfassers[2]) über die Abstandsabhängigkeit der photoionisierenden Wirkung des elektrischen Funkens — erneut aufzugreifen und zu erweitern. Als Ionisationsquelle diente ein elektrischer Funke mit einer Durchschlagsspannung von 10 kV, der aus einer Kapazität von 0,1 μF gespeist wurde. Für die Meßfunkenstrecke (Durchschlagsspannung 5 bis 10 kV; Entladekapazität 0,1 μF) wurden (außer anderen) Kugelelektroden von 50 mm Dmr. benutzt. Dabei zeigte sich, daß die Zündspannungsabsenkung unter Atmosphärendruck anfänglich sehr genau mit der Wurzel aus der Fremdstromdichte ansteigt, dann aber bei größeren Ionisierungsintensitäten langsamer anwächst. Die damals von Rogowski und Wallraff festgestellte geringe Abweichung vom Wurzelgesetz wurde unter Berücksichtigung der in gewissen Fällen (durch Luftabsorption bedingten) nicht quadratischen Abstandsabhängigkeit der Photoionisation zugunsten einer reinen Wurzelabhängigkeit behoben.

Die gemessenen Zündspannungsabsenkungen betrugen teilweise weit über 20%. Infolgedessen konnten die Funkenstrecken noch in Abständen von mehreren Metern sicher gezündet werden. Um aber solche Wirkungen zu erzielen, mußten die bestrahlten Funkenstrecken (beispielsweise mit Schmirgelleinen) gut saubergehalten werden. Vergleichsweise wurde mit verschiedenen Zünd- und Meßfunkenstrecken gearbeitet. Die Abhängigkeit der durch die Photoionisation hervorgerufenen Absenkung vom Abstand der Lichtquelle wird teilweise von der Luftabsorption stark beeinflußt, was in der Arbeit näher besprochen wird. Außerdem weichen Messungen an Funkenstrecken sehr kleinen Kugeldurchmessers von dem erwähnten Wurzelgesetz merklich ab, was wahrscheinlich auf die Inhomogenität des Feldes zurückzuführen ist.

Bemerkenswert ist noch, daß auch mit der Quarz-Quecksilber-Lampe in geringer Entfernung eine Zündspannungsabsenkung bis zu 6% gemessen wurde.

DK 536.2.02 : 621.3.045.1

Temperaturverteilung und Wärmeströmung eines homogen gebetteten Leiters mit zwei verschiedenen Wärmedurchgangszahlen. [Nach D. Harms, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 2, S. 131; 8. S., 4 Abb.]

Die Erwärmungsberechnungen für elektrische Maschinen werden in der Praxis nur in den seltensten Fällen durchgeführt, weil erstens infolge mangelnder Kenntnis der Wärmeübergangszahlen und Wärmeleitfähigkeiten sowie auch der Luftströmungen die Ergebnisse unzuverlässig sind; dann aber auch ist es dadurch begründet, daß die zur Erwärmungsberechnung zur Verfügung stehenden Gleichungen für den in der Praxis stehenden Ingenieur zu unhandlich sind. Es ist deshalb ein sehr einfaches Berechnungsverfahren entwickelt worden, das vor allem die der Kontrolle zugängliche mittlere Temperaturerhöhung von Wicklungen schnell zu berechnen gestattet.

Die wärmetechnische Bettung der Wicklungen elektrischer Maschinen erfolgt fast immer so, daß man nur zwei Gebiete mit verschiedenen Wärmedurchgangsziffern zu behandeln hat; nämlich einmal das Gebiet des aktiven Eisens, in dem die Spulenseiten in Nuten gebettet sind, dann das Gebiet der Wickelköpfe, das von der Kühlluft direkt bestrichen wird. Für einen derartig gebetteten Leiter wird nun die Übertemperatur zunächst angenähert dadurch bestimmt, daß der im Kupfer entstehende Wärmestrom vernachlässigt wird. Für diesen Fall ergeben sich sehr einfache Ausdrücke, die schnell auszuwerten sind. Alsdann werden mit Hilfe der bekannten Wärmeleitungsgleichungen die genauen Temperaturwerte abgeleitet und in Beziehung gebracht zu den Ergebnissen des Näherungsverfahrens. Durch Vergleich der so gefundenen Ausdrücke läßt sich dann der Fehler angeben, der bei Benutzung der vereinfachten Gleichungen entsteht. Bei der Nachrechnung von praktischen Beispielen zeigt es sich, daß dieser Fehler für die mitt-

[1]) Z. Phys. 97 (1935) S. 758.
[2]) Arch. Elektrotechn. 33 (1939) S. 1.

lere Temperaturerhöhung so gering ist, daß er völlig unberücksichtigt bleiben kann.

Eine ausführliche Besprechung der gewonnenen Ergebnisse und der verschiedenen Einflüsse auf den Temperaturverlauf ist der Arbeit beigefügt.

DK 621.3.001.1

Die Grundgesetze der Elektrotechnik und ihr Zusammenhang mit der Elektronik. [Nach H. Schwenkhagen, Vortrag im VDE-Bezirk Ostpreußen am 31. 10. 1938.]

Der Vortrag stellte sich die Aufgabe, die vor wenig mehr als hundert Jahren von Ohm aufgestellten Gesetzmäßigkeiten des elektrischen Stromkreises nach dem heutigen Stand der physikalischen Forschung möglichst anschaulich zu deuten. Der gesetzmäßige Aufbau der Atome aus positiven Atomkernen und negativ geladenen Elektronen mit bestimmten mechanischen und elektrischen Eigenschaften dieser Bausteine bringt es mit sich, daß auch die Eigenschaften der verschiedenen Elemente gesetzmäßig wiederkehren, sobald die äußerste Elektronenhülle in gleicher Weise mit Elektronen besetzt ist. Diese Ähnlichkeit bestimmter Elemente kommt nicht nur im chemischen, sondern auch im elektrischen Verhalten zum Ausdruck. Die Elemente in den ersten Reihen des periodischen Systems haben wenige Elektronen auf den äußeren Schalen und geben diese Elektronen verhältnismäßig leicht ab, so daß sich bei Zusammenfügung der Atome zum festen Körper im Innern dieses Körpers ein „Elektronengas" bildet. Mit wachsender Zahl der Elektronen auf der äußeren Hülle sinkt diese Neigung, um schließlich bei den letzten Reihen in die Tendenz umzuschlagen, Elektronen zu binden. Die Zahl der freigegebenen oder aufzunehmenden Elektronen bestimmt die chemische Valenz, zugleich aber das elektrische Verhalten. So finden wir in der ersten Reihe des periodischen Systems die besten elektrischen Stromleiter Kupfer und Silber, in der letzten Reihe die isolierenden Edelgase, in der vorletzten Reihe dagegen die elektronenbindenden Halogene, wobei sich sinngemäß durch Zusammenfügung eines Elementes der ersten und der vorletzten Reihe Isolatoren, im allgemeinen isolierende Kristalle, ergeben. Das Wesen der Kristalleitung durch Kristallbaufehler (Überschuß- und Lochleitung) und damit verbundene Ionenleitung und durch Elektronenleitung wurde kurz erläutert. Die Sonderstellungen bestimmter chemischer Elemente hinsichtlich ihres elektrischen Leitvermögens und dessen Temperaturkoeffizienten, sowie seiner Abhängigkeit von anderen äußeren Einflüssen (Kohlenstoff, Selen) wurde aus ihrer Sonderstellung im periodischen System der Elemente verständlich gemacht. Auf die Temperaturabhängigkeit der Leitfähigkeit gewisser Kristalle und ihre technische Verwendbarkeit wurde hingewiesen. Der Zusammenhang des Kristallbaues mit piezoelektrischen Erscheinungen und des Molekülaufbaues mit den dielektrischen Eigenschaften der Materie wurde gestreift und zum Schluß am Beispiel der elektrolytischen Leitung die Dissoziation der Moleküle in Ionen und die damit verbundenen Effekte der Leitfähigkeit von Lösungen eingehender geschildert. *Sb.*

Physik.

DK 537.568

Die Elektronenablösung durch den Aufprall der positiven Ionen auf die Kathode einer Glimmentladung. Teil IV. [Nach A. Güntherschulze, W. Bär und A. Winter, Z. Phys. 111 (1938) S. 208; $3^1/_2$ S., 2 Abb.]

Die Ablösung der Elektronen von einer Glimmentladungskathode durch den Aufprall der positiven Ionen läßt sich kalorimetrisch an der Kathode bestimmen. Sie beginnt bei einem bestimmten Kathodenfall u_0 merklich zu werden und steigt von da an in der Regel linear mit dem Kathodenfall an. Also ist sie durch Angabe von u_0 und der Neigung tg φ vollständig bestimmt. Diese beiden Werte wurden für 11 Metalle und 10 Metalloxyde in den 5 Edelgasen sowie H_2, N_2 und O_2 bestimmt. Sie geben einen vollständigen Überblick über die Elektronenablösung. Dabei zeigt sich, daß diese Elektronenablösung durch den Stoß positiver Ionen durchaus nicht um so größer ist, je kleiner die Ablösearbeit ist, sofern reine Metalloberflächen vorliegen. Da nun der normale Kathodenfall der Ablösearbeit der Elektronen proportional ist, folgt daraus, daß beim normalen Kathodenfall die Elektronen nicht durch den Stoß der positiven Ionen, sondern durch einen anderen Mechanismus abgelöst werden. Dieser ist wahrscheinlich die Elektronenbefreiung mit Hilfe der Ionisierungsenergie der positiven Ionen. Theoretisch läßt sich nämlich zeigen, daß ein positives Ion ohne irgendwelche Stoßenergie von der Kathode ein Elektron ablösen kann, wenn seine Ionisierungsenergie mehr als doppelt so groß ist als die Ablösearbeit des Elektrons. Das ist aber bei fast allen Kombinationen der Fall.

Für Metalloxydoberflächen ist die Elektronenablösung stets viel größer als für reine Metalloberflächen und um so kleiner, je größer die Ablösearbeit des oxydbildenden Metalles ist. Mit Hilfe dieser Tatsache läßt sich die Oxydation von Oberflächen nachweisen, wo sie nach anderen Verfahren noch nicht ermittelt werden kann und bisher auch nicht vermutet wurde, wie zum Beispiel beim Platin. *Gsch.*

Werkstatt und Baustoffe.

DK 538.21 : 621.926

Magnetische Untersuchung von Zerkleinerungsvorgängen. [Nach F. D. de Vaney u. W. H. Coghill, Amer. Inst. Min. Metallurg. Engr. techn. Publ. 862 (1938) Nr. 72, Klasse B, S. 1; 14 S., 4 Abb.]

Die zum Zerkleinern eines Mahlgutes aufzuwendende mechanische Arbeit ist nach Riddinger der Zahl der Bruchflächen, d. h. dem Zerkleinerungsgrad proportional, und ferner ist für verschiedene ferromagnetische Mineralien ein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen der Koerzitivkraft und der spezifischen Oberfläche festgestellt worden. Man kann daher Koerzitivkraft, Teilchengröße und Mahlwiderstand miteinander in Beziehung setzen, und umgekehrt, falls diese Werte an einem Mineral bekannt sind, mit diesem als Prüfsubstanz durch magnetische Messungen die Zerkleinerungsvorgänge in technischen Mahlmaschinen zu verfolgen suchen. Dieser Möglichkeit wird in der vorliegenden Arbeit nachgegangen. Eine einfache magnetische Einrichtung zur Bestimmung der Koerzitivkraft wird beschrieben und Messungen an einem Magnetit durchgeführt, dessen Koerzitivkraft sich bei Partikeln von 1 mm Dmr. zu etwa 17 Oe, bei 14 µ Teilchengröße zu etwa 73 Oe ergibt. Für den Zusammenhang der Koerzitivkraft mit der in einem reibungslos arbeitenden Schlaggewichtsgerät ermittelten Zertrümmerungsarbeit wird ein lineares Gesetz nachgewiesen, was rückwärts als eine Bestätigung der Riddingerschen Annahmen angesehen werden kann. Als Anwendungsbeispiele des Verfahrens werden schließlich durch Ausmahlen dieses Magnetit in verschiedenen Mühlen eine Reihe Einzelvorgänge und Fragen der maschinellen Zerkleinerung, wie der Wirkungsgrad verschiedener Kugel- und Hammermühlen, das Verhältnis der wirtschaftlichen zur möglichen Ausmahlung, der Einfluß verschiedener Kugelgrößen u. a. untersucht und besprochen. *Kmn.*

AUS LETZTER ZEIT.

DK 629.123.22—832

Stapellauf eines turbo-elektrischen Schiffes. Am 11. Februar 1939 lief auf der Deutschen Werft in Hamburg ES „Orizaba", das erste von drei für die Hamburg-Amerika-Linie im Bau befindlichen Elektroschiffen vom Stapel. Diese Schiffe, deren Propellerantriebe von der AEG erstellt werden, besitzen eine Tragfähigkeit von 6250 t und sind für den Mittelamerikadienst (Golfhäfen) bestimmt. Der Dampf wird in zwei Hochdruckkesseln mit Ölfeuerung erzeugt. Die Stromerzeugungsanlage besteht aus zwei Turbogeneratoren mit einer Leistung von je 2500 kW bei n = 3750 U/min und 62,5 Hz. Der Propellerantrieb erfolgt durch einen Drehstrom-Synchronmotor, der bei 110 U/min 4260 kW leistet und dem Schiff eine Geschwindigkeit von 15 Knoten verleiht. Für den Hafenbetrieb stehen zwei dieselangetriebene Generatoren in der Größenanordnung von je 140 kW zur Verfügung. Der elektrische Antrieb zeichnet sich durch große Anpassungsfähigkeit des Kraftbedarfs an die verschiedensten Schiffsgeschwindigkeiten aus, was für den Geschwindigkeitsgrad und damit für die Wirtschaftlichkeit von ganz erheblicher Bedeutung ist.

AUS DER JUNGINGENIEURARBEIT.

Die Grenzleistung der elektrischen Maschinen bei gegebenem Raum.

Von W. Nürnberg VDE, Berlin.

DK 621.313.1.016

Übersicht. Die Grenzleistung der elektrischen Maschinen hängt ab von der zulässigen Höhe der mechanischen und der elektrischen sowie magnetischen Beanspruchungen. Die Grenzleistung je Raumeinheit des Läufers hängt bei großen Maschinen praktisch nur von letzteren ab. Die Untersuchung zeigt, daß die Maschinengattung bei gleichen Höchstwerten der elektrischen und magnetischen Beanspruchungen einen verschieden großen Ausnutzungsgrad bedingt. Die Formeln für das Drehmoment und die Leistung bei gegebenem Produkt $D^2 Ln$ aus den Läuferabmessungen und der Drehzahl werden entwickelt*).

Die Leistung von Maschinen beliebiger Arbeitsweise errechnet sich aus dem Produkt Kraft mal Geschwindigkeit oder Drehmoment mal Drehzahl. Die Untersuchung der Höchstleistung erstreckt sich daher auf die Bestimmung der Höchstwerte dieser Faktoren, sie beschränkt sich auf einen von ihnen, wenn der andere gegeben oder vorgeschrieben ist. Bei den elektrischen Maschinen, Motoren oder Generatoren, liegen in dieser Hinsicht die Verhältnisse einfach, weil die Drehzahl meist festliegt und somit zur Grenzleistungsbestimmung nur die Höhe des Grenzdrehmomentes zu untersuchen ist. Dieses hängt bei gegebenem Durchmesser D von der Umfangskraft ab, die nachstehend berechnet werden soll.

Die Kraft auf den stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld.

Auf einen stromdurchflossenen Leiter, der sich in der Anordnung nach Abb. 1 in einem Magnetfeld befindet, wirkt eine Kraft ein von der Größe:

$$K = \frac{\mathfrak{B} I l \cdot 1{,}02}{10^7}, \qquad (1)$$

wobei K die Kraft in kg, $\mathfrak{B}$ die Kraftliniendichte in Gauß, I die Stromstärke in Ampere und l die Länge in cm bedeuten.

Nordpol — Kraft — I — $\mathfrak{B}$

I Stromstärke in Amp.
$\mathfrak{B}$ Kraftliniendichte in Gauß
l Leiterlänge in cm
Kraft $\frac{\mathfrak{B} I l \cdot 1.02}{10^7}$ in kg

Abb. 1. Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld (idealisiert).

In den elektrischen Maschinen liegen die stromführenden Leiter in regelmäßig am Umfang verteilten Nuten. Sie befinden sich daher praktisch außerhalb der Kraftlinien, die im wesentlichen im Eisen verlaufen. Die Kraft greift infolgedessen nicht am Leiter selbst, sondern zu fast 90 bis 95 % an den Zähnen an. Trotzdem darf die Größe der auftretenden Kräfte nach der obigen Form berechnet werden; man stellt sich daher vor, daß die Leiter aus dem Innern der einzelnen Nuten herausgehoben und ganz regelmäßig auf dem Ankerumfang jeweils auf die Breite einer Nutteilung aufgebracht würden.

Diese Vorstellung hat eine Reihe von Vorzügen. Man benötigt nicht die Kenntnis der Schaltung der Wicklung, braucht nicht die Zahl der parallelen oder in Reihe liegenden Zweige zu wissen und hat bei einigen Maschinengattungen nur den bekannten Wickelfaktor zu berücksichtigen.

Liegen nach Abb. 2 n_L Leiter in der Nut, und führt jeder von ihnen den Leiterstrom I, so würden bei einer Nutteilung von t_n cm insgesamt $I\,n_L$ Ampere auf t_n cm Ankerumfang fließend zu denken sein. Noch besser ist es, den gleichwertigen Ersatzstrom auf 1 cm zu beziehen, da dadurch auch noch die Größe der Nutteilung, die zwischen etwa 1,5 und 5,0 cm liegen kann, aus der Betrachtung herausfällt. Man nennt diesen verteilten Strom je 1 cm den Strombelag und bezeichnet ihn mit AS (Amperestäbe). Seine Größe ist gegeben durch die Gleichung:

$$AS = \frac{n_L I}{t_n}, \qquad (2)$$

wobei AS den Strombelag in A/cm, I den Strom je Leiter in der Nut und n_L die Anzahl der Leiter je Nut bedeuten.

t_N = 2 cm — Leiterzahl n_L — Leiterstrom I — 1 cm

$$AS = \frac{\text{(Leiterzahl je Nut)} \times \text{(Strom je Leiter)}}{\text{Nutteilung}} = \frac{n_L\, I}{t_n}$$

Beispiel:
○ = 100 A, AS = 400 A/cm

Abb. 2. Begriff des Strombelages.

Der Strombelag ist neben der Kraftliniendichte $\mathfrak{B}$ die wichtigste Beanspruchung der elektrischen Maschine und seine Höhe ist ein unmittelbares Maß für das Drehmoment und die Leistung, welche sie hergibt. Wenn nämlich die Kraft berechnet wird, die je cm Maschinenumfang und Maschinenlänge angreift, so ist offenbar in Gl. (1) statt I der Strombelag AS und statt der Länge l der Wert 1 cm einzusetzen; diese Kraft auf 1 cm² Oberfläche wirkt tangential und heißt der Drehschub s. Da s in kg/cm² auszudrücken ist, ist es im Sinne der Mechanik gesprochen eine Beanspruchung. Die Berechnung ergibt sich ohne weiteres zu:

$$s = \frac{\mathfrak{B}\, AS \cdot 1{,}02}{10^7} = \frac{\mathfrak{B}}{10\,000} \cdot \frac{AS}{1000} \cdot 1{,}02, \qquad (3)$$

wobei s die Schubkraft in kg/cm², AS der Strombelag in A/cm und $\mathfrak{B}$ die Kraftliniendichte bedeuten.

Um sich eine Vorstellung der verhältnismäßig geringen Höhe dieser Schubkraft zu machen, sei vorweg erwähnt, daß die Kraftliniendichte $\mathfrak{B}$ höchstens bis 10 000 und der Strombelag bis 600 getrieben werden darf, so daß die Schubkraft nur einen Wert von etwa 0,6 kg/cm² annehmen kann. Dieser Wert ist, verglichen mit den mittleren Drücken bei mechanischen Maschinen, die ein Vielfaches davon betragen, als bescheiden zu betrachten.

Der Strombelag AS.

Nach Gl. (3) wird man also zum Erreichen der Grenzleistung der elektrischen Maschine bestrebt sein müssen, den Wert für den Strombelag soweit wie möglich heraufzusetzen. Es gibt aber hierfür Grenzen, die durch die Stromwärmeverluste im Kupfer gegeben sind. Diese hängen in engster Weise mit dem Strombelag zusammen und dürfen mit Rücksicht auf die Erwärmung und auf den Wirkungsgrad nicht beliebig hoch ansteigen.

*) Vortrag, gehalten vor den Jungingenieuren des VDE-Bezirks Berlin-Brandenburg am 24. 10. 1938.

Die Untersuchung des Zusammenhanges geht am besten aus von der Verlustziffer in Watt, welche die auf 1 cm² Ankeroberfläche bezogenen Wicklungsverluste darstellt. Die n_L Leiter in der Nut bieten bei einem Querschnitt von je q mm² je 1 cm Länge dem sie durchfließenden Leiterstrom I den Gesamtwiderstand:

$$r = \frac{n_L \cdot 0{,}01}{L_{cu}\, q}$$

(in Ω), wobei L_{cu} der Leitwert des Kupfers ist. Es treten also spezifische Verluste je 1 cm² Ankeroberfläche auf von:

$$V_{cu} = \frac{n_L \cdot 0{,}01}{L_{cu}\, q} I^2 \frac{1}{t_n},$$

woraus sich durch Umstellung ergibt:

$$V_{cu} = \frac{n_L\, I}{t_n} \frac{I}{q} \frac{1}{100 \cdot L_{cu}},$$

da aber $\frac{n_L\, I}{t_n} = AS$ und $\frac{I}{q} = j$ die Stromdichte, ist

$$V_{cu} = \frac{AS\, j}{100 \cdot L_{cu}}. \quad (4)$$

Der Strombelag AS ist demnach, wenn die Stromdichte j konstant gehalten wird, unmittelbar verhältnisgleich den Verlusten je Flächeneinheit der Ankeroberfläche. Diese dürfen, aus oben genannten Gründen, etwa den Wert von 0,5 W/cm² nicht überschreiten. Eine Vorstellung von der Größe dieses Wertes erhält man, wenn man zum Vergleich die Heizleistung eines Bügeleisens je 1 cm² errechnet. Diese beträgt bei einem Eisen von 400 W und 200 cm² Oberfläche 2,0 W/cm². Der Verlustwert bei hochausgenutzten Maschinen liegt mithin, besonders wenn man die einzuhaltenden Grenzerwärmungen bedenkt, recht hoch.

Die Steigerung des Strombelages kann ohne Vergrößern der spezifischen Verluste nur durch Verringern der Stromdichte j erfolgen, und dieses ist offensichtlich nur durch vermehrten Kupferaufwand möglich. Diesen erfaßt man am besten dadurch, daß man sich das gesamte in den Nuten liegende Kupfer als einen kupfernen Hohlzylinder vorstellt, der auf den Ankerumfang aufgebracht bzw. in die Ankerbohrung hineingesteckt wird. Die Dicke dieses Kupfermantels ist dann ein Maß für den Metallaufwand; sie mag mit h_{cu} bezeichnet werden. Mit den bisher bekannten Werten errechnet sie sich zu:

$$h_{cu} = \frac{n_L\, q}{100 \cdot t_n}.$$

Durch Umformung und Erweitern mit I kommt man zu

$$h_{cu} = \frac{n_L\, I}{t_n} \frac{q}{I} \frac{1}{100} = \frac{\left(\frac{AS}{100}\right)}{j}, \quad (5)$$

dem interessanten Zusammenhang mit dem Strombelag und der Stromdichte.

Für h_{cu} ergibt sich eine obere Grenze, die durch die nicht über etwa 60 bis 70 mm bei Gleichstrom- und andern Kommutatormaschinen und nicht über etwa 120 bis 160 mm bei Drehstrommaschinen ansteigende Nuthöhe und durch den aus Isolationsgründen gegebenen Füllfaktor der Nut gegeben ist. Bei großen Gleichstrommaschinen ist h_{cu} etwa nach oben durch den Wert 1,4 cm und bei größten Synchronmaschinen etwa durch 2,0 bis 2,3 cm begrenzt, wie sich aus den mechanischen Abmessungen für Nuthöhe h_n, Nutbreite b_n und den Ausnützungsgrad α % aus der Beziehung:

$$h_{cu} = \frac{\alpha\,\%}{100} \frac{b_n\, h_n}{t_n}$$

ergibt.

Mit den Beträgen Nutbreite/Nutteilung gleich 0,45 bis 0,60 und mit α % gleich 25 bis 40 % findet man diese Grenzwerte.

Da das Produkt $AS \cdot j$ durch die zulässigen Verluste je 1 cm² Oberfläche des Ankers gegeben ist, und da AS/j bei der Maschine unveränderlich durch den Kupferaufwand, also durch h_{cu}, festliegt, kann man noch unter Zugrundelegen von V_{cu} und h_{cu} zu folgenden Zusammenhängen kommen:

$$\text{Stromdichte } j = \sqrt{\frac{\text{zulässige Verluste je 1 cm}^2 \cdot \text{Leitwert}}{\text{Dicke des Kupfermantels}}} \quad (6)$$

$$\text{Strombelag } AS = 100 \times \sqrt{\text{zul. Verluste je cm}^2\text{ Oberfläche} \cdot \text{Leitwert} \cdot \text{Dicke des Kupfermantels}}. \quad (7)$$

Mit den Werten: Leitwert $L_{cu} = 46$, Verlustziffer 0,5 W/cm² und Kupfermanteldicke etwa 1,4 bis 2,3 cm ergeben sich schließlich die gesuchten oberen Grenzwerte für AS und j zu: höchster Strombelag $AS = 570$ bis 730 A/cm und höchste Stromdichte $j = 4{,}0$ bis 3,2 A/mm².

Die Kraftliniendichte $\mathfrak{B}$.

Genau wie die in der einzelnen Nut fließenden Leiterströme durch den Begriff des Strombelages gekennzeichnet werden, soll auch die in den einzelnen Zähnen herrschende Kraftliniendichte $\mathfrak{B}_z$ durch eine mittlere, auf die Teilung der Nut bezogene Dichte $\mathfrak{B}_L$ in der Luft unmittelbar über dem Ankerumfang ersetzt werden. Zwischen $\mathfrak{B}_z$ und $\mathfrak{B}_L$ besteht der einfache Zusammenhang:

$$\mathfrak{B}_L = \mathfrak{B}_z \frac{b_z}{t_n},$$

wobei b_z die Zahnbreite und t_n wieder die Nutteilung bedeuten.

Die Kraftliniendichte $\mathfrak{B}_z$ im Zahn findet ihre Grenze durch die mit steigender Dichte einsetzenden Sättigungserscheinungen, die am besten aus der Magnetisierungskurve des Eisens nach Abb. 3 zu erkennen sind. Man sieht, daß auch ohne Rücksicht auf die im Eisen auftretenden Verluste, welche quadratisch mit $\mathfrak{B}_z$ anwachsen, durch den unverhältnismäßig stark ansteigenden Magnetisierungsbedarf die Zahnkraftliniendichte etwa im Gebiet von 16 000 bis 21 000 Gauß gewählt werden muß. Da das Verhältnis b_z/t_n etwa bei 0,6 bis 0,4 liegt, ergibt sich für die Luftinduktion $\mathfrak{B}_L$ der Wert in den Grenzen 8000 bis 10 000 Gauß. (Dieser Wert $\mathfrak{B}_L$ liegt im Verhältnis der ideellen zur wirklichen Eisenlänge höher als der bei der Maschinenberechnung üblicherweise benutzte Betrag für Luftinduktion.)

Abb. 3. Magnetisierungskurve von Dynamoblech.

Der mittlere Drehschub s_{mittel}.

Infolge der örtlichen und zeitlichen Schwankungen der Kraftliniendichte $\mathfrak{B}_L$ und des Strombelages AS ist im Mittel über die gesamte Ankeroberfläche mit einem Drehschub $s_{\text{mittel}} = k\, s$ zu rechnen. Der Wert k ist nur bei Unipolarmaschinen 1 und liegt bei allen anderen Maschinengattungen, wie nachstehend gezeigt werden soll, unterhalb von 1. k stellt den Ausnutzungsgrad der Maschine dar.

Unipolarmaschinen.

Bei den Unipolarmaschinen mit zylindrischem Anker dringt der Kraftfluß von allen Seiten gleichmäßig in den Anker ein. Am ganzen Umfang herrscht die gleichbleibende Kraftliniendichte $\mathfrak{B}$. Da die Erregung mit Gleichstrom erfolgt, ist sie auch zeitlich konstant. Das gleiche gilt vom Strombelag (Abb. 4). Es gilt demnach

$$s_{\text{mittel}} = s = 1{,}02 \left(\frac{AS}{1000}\right) \left(\frac{\mathfrak{B}_L}{10\,000}\right)$$

$$k = 1{,}0 = 100\,\%.$$

Bei diesen Maschinen ist also die Ausnutzung so groß wie theoretisch überhaupt möglich, und es ist hervorzuheben, daß $\mathfrak{B}_L$ infolge der fehlenden Zähne sogar wesentlich höher gewählt werden darf. Leider setzen sich ihrem Bau (Abnahme des sehr hohen Ankerstromes) sehr große Schwierigkeiten entgegen, und außerdem ist der Wirkungsgrad infolge des relativ hohen Spannungsabfalles der Bürsten nur mäßig.

Abb. 4. Verteilung von $\mathfrak{B}$, AS und s über dem Ankerumfang einer Unipolarmaschine.

Gleichstrommaschinen.

Die Verteilung des Strombelages der Gleichstrommaschine ist aus Abb. 5 zu erkennen. Er ist räumlich zwischen zwei aufeinanderfolgenden Bürsten gleichbleibend und zeitlich unveränderlich. In der Mitte der Pollücke, unter der Bürste, springt er vom positiven auf den negativen Wert. Die Feldverteilung ist gleichfalls dargestellt. Unter den Polschuhen herrscht über dem ganzen Polbogen b_p die gleichbleibende Kraftliniendichte $\mathfrak{B}_L$; in der Pollücke ist sie gleich Null. Schubkräfte treten also nur unter den Polschuhen auf. Vom ganzen Ankerumfang wird daher nur der Teil ausgenutzt, der dem Verhältnis Polbogen/Polteilung entspricht. Abb. 5 zeigt die entsprechende Verteilung der Schubkräfte am abgewickelten Umfang. Der Mittelwert berechnet sich zu:

Abb. 5. Verteilung von $\mathfrak{B}$, AS und s über dem Ankerumfang einer vierpoligen, kompensierten Gleichstrommaschine.

$$s_{\text{mittel}} = \frac{b_p}{t_p}\, s = \frac{b_p}{t_p} \cdot 1{,}02 \cdot \left(\frac{AS}{1000}\right) \left(\frac{\mathfrak{B}_L}{10\,000}\right)$$

$$= 0{,}7 \left(\frac{AS}{1000}\right) \left(\frac{\mathfrak{B}_L}{10\,000}\right) \text{ mit } \frac{b_p}{t_p} = 0{,}68. \qquad (9)$$

Die Ausnutzung beträgt daher rd. 68 % gegenüber derjenigen bei der Unipolarmaschine.

Einphasenkommutatormaschine.

Die als Bahnmotor im großen Umfang benutzte Maschine gleicht im Aufbau einer kompensierten Gleichstrommaschine. Strombelag und Feld haben daher auch die gleiche räumliche Verteilung. Grundlegend ist der Unterschied infolge der zeitlichen Änderungen dieser Werte. Der Strombelag schwankt zwischen dem $+\sqrt{2}$- und $-\sqrt{2}$fachen des Effektivwertes AS, und die Kraftliniendichte zwischen dem + 1- und — 1fachen des Höchstwertes $\mathfrak{B}$. Abb. 6 läßt diese Verhältnisse im Raum- und Zeitbild erkennen. Der höchste Schub $s_{\max}$ tritt auf, wenn der Strom seinen Höchstwert erreicht hat. Dann ist:

$$s_{\max} = 1{,}02 \cdot \sqrt{2} \left(\frac{\mathfrak{B}_L}{10\,000}\right) \left(\frac{AS}{1000}\right).$$

Der zeitliche Mittelwert über dem Polbogen beträgt genau die Hälfte hiervon, und der räumliche und zeitliche Mittelwert über der Polteilung ist noch im Verhältnis Polbogen/Polteilung zu $\mathfrak{B}$ verringern, so daß sich endgültig ergibt

$$s_{\text{mittel}} = \frac{b_p}{t_p} \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2} \cdot 1{,}02 \left(\frac{\mathfrak{B}_L}{10\,000}\right) \left(\frac{AS}{1000}\right)$$

$$= 0{,}51 \left(\frac{AS}{1000}\right) \left(\frac{\mathfrak{B}_L}{10\,000}\right) \text{ mit } \frac{b_p}{t_p} = 0{,}70. \qquad (10)$$

Der Faktor k beträgt demnach bei den üblichen Werten der Polbedeckung etwa 0,5 oder 50 %.

Abb. 6. Raum-Zeitbild der Schubkraft s eines Einphasen-Kommutatormotors (Bahnmotor).

Drehfeldmaschine.

In den Drehfeldmaschinen, also z. B. in den Synchron- und Asynchronmaschinen, ist der Kraftfluß in mehr oder weniger großer Annäherung sinusförmig verteilt und läuft mit synchroner Geschwindigkeit um. Das gleiche gilt vom Strombelag. Die nutzbaren Schubkräfte werden aus den rein sinusförmigen Grundwellen beider Kurven berechnet. Abb. 7 zeigt die Sinusgrundwellen der Kraftliniendichte mit dem Scheitelpunkt $\mathfrak{B}_{L_1}$ und des Strombelages mit dem Scheitelpunkt $AS\sqrt{2}\,f_w$, die z. B. in den

f_w Wickelfaktor β Abplattungsfaktor

Abb. 7. Wirkliche Verteilung und (dünn eingetragene) Grundwelle des Strombelages (a) und der Kraftliniendichte (b) einer Drehstrommaschine mit vier Polen. Die Zeitabstände in a entsprechen $^1/_{24}$ Periode, also $^1/_{1200}$ s bei 50 Hz. (Lochzahl je Pol und Phase $q = \infty$, Sehnung der Wicklung 16,7 %).

ebenfalls dargestellten, tatsächlich vorhandenen Kurven einer Synchronmaschine enthalten sind. Der Scheitelpunkt $\mathfrak{B}_{L_1}$ liegt bei Asynchron- und Synchronmaschinen je nach Abplattung der wahren Feldkurven um 10 bis 20 % höher als $\mathfrak{B}_L$. Wenn man mit β das Verhältnis $\mathfrak{B}_L$ zu $\mathfrak{B}_{L_1}$ bezeichnet, so findet man bei praktischen Ausführungen großer Maschinen Werte für β zwischen 0,8 und 0,9. Bei Synchronmaschinen hängt der Abplattungsfaktor stark von der Gestaltung des Luftspaltes unter den Polschuhen ab, wobei β bei unveränderlichem Luftspalt den tieferen der beiden Werte annimmt. Bei Asynchronmaschinen hängt β vom Verhältnis der magnetisierenden Amperewindungen für die Zähne zu jenen für den Luftspalt ab.

Abb. 8. Grundwellen der $\mathfrak{B}$-, AS- und s-Kurven einer Drehstrommaschine bei Phasengleichheit (a) und bei räumlicher Phasenverschiebung um den Winkel φ (b), aufgetragen über dem Umfang von vier Polen.

Die Schubkraft s ist nach Abb. 8 nach einer Sinuskurve halber Wellenlänge mit nach oben oder unten verschobener Nullinie verteilt, d. h. auf eine Polteilung entfällt ein positives und ein negatives Maximum. Die Schubkraftkurve läuft ebenfalls mit der synchronen Geschwindigkeit des Drehfeldes um. Wenn die $\mathfrak{B}_{L_1}$- und die AS-Kurven räumlich zusammenfallen, dann ergibt sich die mittlere Schubkraft zu

$$s_{\text{mittel}} = \frac{1}{2} \cdot 1{,}02 \cdot \sqrt{2} \left(\frac{AS_1}{1000}\right) \left(\frac{\mathfrak{B}_{L_1}}{10\,000}\right) \qquad AS_1 = AS\, f_w$$

und bei einer räumlichen Verschiebung um den Winkel φ geht der Wert mit dem $\cos\varphi$ zurück. Allgemein gilt also

$$s_{\text{mittel}} = \frac{1}{2} \cos\varphi \sqrt{2} \cdot 1{,}02 \left(\frac{AS_1}{1000}\right) \left(\frac{\mathfrak{B}_{L_1}}{10\,000}\right)$$

und mit Berücksichtigung des Abplattungs- und des Wickelfaktors folgt schließlich

$$s_{\text{mittel}} = \frac{\cos\varphi}{\sqrt{2}} \frac{f_w}{\beta} \cdot 1{,}02 \left(\frac{AS}{1000}\right) \left(\frac{\mathfrak{B}_L}{10\,000}\right). \qquad (11)$$

Der Ausnutzungsgrad der Drehfeldmaschinen ist demnach

$$k = \frac{\cos\varphi}{\sqrt{2}} \frac{f_w}{\beta} = 82 \cdots 72\ \%$$

für die Werte $\cos\varphi = 1{,}0$

$f_w = 0{,}92$ (83 % Spulenbreite)

$\beta = 0{,}8 \cdots 0{,}9$.

Der räumliche Winkel φ entspricht, wenn man den Unterschied zwischen EMK und Klemmenspannung vernachlässigt, dem zeitlichen Phasenwinkel zwischen Strom und Spannung.

Zusammenhang zwischen s_{mittel} und Drehmoment und Leistung.

Wenn im Mittel auf 1 cm² Ankeroberfläche die Schubkraft s_{mittel} angreift, so beträgt die gesamte Umfangskraft:

$$P = (\pi D L) \cdot 10^4 \cdot s_{\text{mittel}} \text{ in kg},$$

wobei D der Ankerdurchmesser in m und L die reine Eisenlänge in m bedeuten. Das Drehmoment ergibt sich aus Umfangskraft und halbem Durchmesser zu

$$M_d = P \frac{D}{2} \text{ in mkg}$$

$$= 15{,}7 \cdot s_{\text{mittel}} D^2 L \cdot 10^3 \qquad (12)$$

und die Leistung in kW beträgt:

$$N_{\text{kW}} = M_d \frac{2\pi n}{60} \frac{9{,}81}{1000}$$

$$= 16{,}1 \cdot s_{\text{mittel}} D^2 L\, n. \qquad (13)$$

Die Gleichungen für die einzelnen Maschinengattungen sind in Zahlentafel 1 zusammengesetzt.

Zahlentafel 1.

	Drehmoment in mt	Leistung in kW
Unipolarmaschine	$16 \frac{AS}{1000} \frac{\mathfrak{B}_L}{10000} D^2 L$	$16{,}4 \frac{AS}{1000} \frac{\mathfrak{B}_L}{10000} D^2 L n$
Gleichstrommaschine	$11 \frac{AS}{1000} \frac{\mathfrak{B}_L}{10000} D^2 L$	$11{,}3 \frac{AS}{1000} \frac{\mathfrak{B}_L}{10000} D^2 L n$
Grenzwerte	$\approx 6 D^2 L$	$\approx 6 D^2 L n$
Einphasen-kommutatormaschine	$8 \frac{AS}{1000} \frac{\mathfrak{B}_L}{10000} D^2 L$	$8{,}2 \frac{AS}{1000} \frac{\mathfrak{B}_L}{10000} D^2 L n$
Grenzwerte	$\approx 4 D^2 L$	$\approx 4 D^2 L n$
Synchron- und Asynchronmaschine	$11{,}3 \frac{f_w}{\beta} \cos\varphi \frac{AS}{1000} \frac{\mathfrak{B}_L}{10000} D^2 L$	$11{,}6 \frac{f_w}{\beta} \cos\varphi \frac{AS}{1000} \frac{\mathfrak{B}_L}{10000} D^2 L n$
Grenzwerte	$\approx 6 \cos\varphi D^2 L$	$\approx 6 \cos\varphi D^2 L n$

Die bauliche Größe der Maschine entscheidet also nur über das Drehmoment. Drehzahl und Frequenz haben keinen unmittelbaren Einfluß darauf. Die Leistung der Maschine hängt ab von ihrer Größe und ihrer Geschwindigkeit. Zum Überschlagen des Drehmomentes einer großen Maschine genügt folgende Regel bei Gleichstrom- und Synchron- und Asynchronmaschinen mit $\cos\varphi = 1{,}0$: Man denkt sich die Läuferbleche satt passend in eine Kiste geschichtet. Der Literinhalt dieser Kiste mit 5 bis 6 multipliziert ergibt den Wert des Drehmomentes in mkg. Der Inhalt der Kiste in Kubikmeter multipliziert mit 5 bis 6 und mit der Drehzahl gibt die Leistung in kW. Bei beliebigem $\cos\varphi$ sind die Werte mit diesem zu multiplizieren.

Zusammenfassung.

Aus der Untersuchung zeigt sich, daß die Grenzleistung der elektrischen Maschinen im wesentlichen nur von den Werten des Strombelages und der Kraftliniendichte abhängt, und daß jede mögliche Steigerung dieser Werte in gleichem Maße zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Maschinen beiträgt.

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 21312.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 181000.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G.m.b.H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für Installationsmaterial.

Der Ausschuß für Installationsmaterial hat einen Normblattentwurf zu

DIN VDE 9280 „Regelschalter (Schalter 9), 15 A 250 V Gleichstrom, 10 A 380 V Wechselstrom"

aufgestellt, der in ETZ 60 (1939) S. 224 veröffentlicht ist.

Einsprüche sind der Geschäftstelle bis zum 25. Mai 1939 einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Der Geschäftsführer:
Blendermann

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.

Ungültige Prüfzeichengenehmigungen.

Auf Grund des § 7 Z. 2 der Prüfordnung der VDE-Prüfstelle werden hiermit die nachstehend erwähnten Genehmigungsausweise, welche im Laufe der Jahre 1937/38 ihre Gültigkeit verloren haben, aber von den Genehmigungsinhabern nicht zurückgegeben wurden bzw. nicht zurückgegeben werden konnten, besonders bekannt gemacht.

1. Fa. Hoffmann & Siegling, St. Kilian b. Schleusingen:
   Gen.-Nr. 850/1 für Bügeleisen 220 V, 350 W, Type „Slusia".
2. Fa. Wilhelm Zeh, Freiburg i. Br.:
   Gen.-Nr. 975/1 für Netzanschlußgeräte zum Anschluß an 110/125/220/240 V Wechselstrom (ausgebildet als Kupferoxyd-Vorschaltgleichrichter).
3. Fa. Radioaktiengesellschaft D. S. Loewe, Berlin-Steglitz:
   Gen.-Nr. 308/1 für Volksempfänger VE 301 GW,
   „ „ 308/2 für Arbeitsfrontempfänger „DAF 1011".
4. Fa. Paul Hochköpper & Co., Lüdenscheid i. W.:
   Gen.-Nr. 7167 für Steckdosen 10 A, 250 V.
5. Fa. Allgem. Elektrizitäts-Ges., Berlin SO 36:
   Gen.-Nr. 108/48 für Volksempfänger VE 301 Wn.
6. Fa. Schwarzwälder Apparatebauanstalt, Aug. Schwer Söhne, Villingen:
   Gen.-Nr. 702/9 für Arbeitsfrontempfänger „DAF 1011".

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

Bezirk Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Leitungstelegraphie und -telephonie".
Leiter: Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Postrat Dipl.-Ing. R. Fernau, Berlin, am Donnerstag, dem 23. Februar 1939, 20⁰⁰, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Fernschreiben".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Bezirksversammlung

am Dienstag, dem 28. Februar 1939, 20⁰⁰, im Großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20-22.

Vortrag

des Herrn Dr. phil. nat. H. Reddemann, Berlin, über das Thema:

„Künstliche Atomkernumwandlungen nach neueren Forschungsergebnissen".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Elektrizitätswirtschaft".
Leiter: Dr.-Ing. C. Körfer VDE.

Vortrag

des Herrn Dipl.-Ing. H. Goerke, Berlin, am Dienstag, dem 7. März 1939, 20⁰⁰, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Vereinheitlichungsbestrebungen im Kraftwerksbau".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Leitungstelegraphie und -telephonie".
Leiter: Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Dr.-Ing. K. Reche, Berlin, am Dienstag, dem 14. März 1939, um 20⁰⁰ in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Neue Bildtelegraphiegeräte".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Gedächtnisfeier.

Am Donnerstag, dem 16. März 1939, veranstalten wir um 20⁰⁰ im Großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20—22, gemeinsam mit dem Berliner Bezirksverein deutscher Ingenieure, der Berliner Gesellschaft für Geschichte der Naturwissenschaft, Medizin und Technik, der Deutschen Gesellschaft fur Geschichte der Medizin, der Naturwissenschaften und der Technik, der Deutschen Gesellschaft für technische Physik und der Deutschen Physikalischen Gesellschaft eine

Feier anläßlich des 150. Geburtstages von
Georg Simon Ohm.

In dieser Feier werden neben einem biographischen Vortrag noch zwei weitere Vorträge über neuere Erkenntnisse über die Gesetzmäßigkeit der metallischen Leitfähigkeit sowie über Ohms akustisches Grundgesetz und die Ergebnisse der modernen Klanganalyse gehalten werden. Einzelheiten werden noch in der ETZ H. 10 bekanntgegeben.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18⁰⁰ im VDE-Haus, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Allgemeine Elektrotechnik — Elektrizitätswerke. Gemeinschaftliche Veranstaltung der beiden Arbeitsgemeinschaften.
23. 2. 1939 „Fernregelung von Kraftwerken", Vortragender: Dr.-Ing. H. Wierer VDE.

Elektromaschinenbau. Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.
27. 2. 1939 Vortragsreihe „Grenzen im Bau elektrischer Maschinen": „Grenzen im Bau von Turbogeneratoren", Vortragender: Dr.-Ing. G. Nimsch VDE.

Fernmeldetechnik. Leiter: Obering. Dipl.-Ing. K. Wagner VDE.
28. 2. 1939 „Berechnungsmethoden in der Breitbandkabeltechnik" I. Teil, Vortragender: Physiker E. Hameister VDE. (II. Teil folgt am 25. 4. 1939.)

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
2. 3. 1939 „Photozellen mit innerem photoelektrischen Effekt und Sperrschicht-Effekt".

Industrieanlagen. Leiter: Dr.-Ing. R. v. Meibom VDE.
3. 3. 1939 „Querschnitt durch den Aufzugsbau", Vortragender: Dipl.-Ing. G. Metzkow VDE.

Kabel und Leitungen. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. O. Gasser VDE.
6. 3. 1939 Vortragsreihe „Untersuchungen an Baustoffen für Kabel und Leitungen": „Elektrische Messungen" II. Teil, Vortragender: Dr. E. F. Richter VDE.

Elektrische Bahnen. Leiter: Reichsbahn-Bauassessor Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.
7. 3. 1939 Vortragsreihe „Entwurf von elektrischen Bahnen für die deutschen Kolonialgebiete in Afrika": a) „Gleichstromtriebfahrzeuge für 1500 und 3000 V Fahrdrahtspannung bei verschiedenen Spurweiten", Vortragender: Dipl.-Ing. Wirth VDE. b) „Wechselstromtriebfahrzeuge für verschiedene Frequenzen bei verschiedenen Spurweiten". Vortragender: Dr.-Ing. L. Mirow VDE.

Stromrichter. Leiter: Dr.-Ing. E. Kübler VDE.
8. 3. 1939 „Stromrichterbelastung von Drehstromgeneratoren", Vortragender: Dr.-Ing. E. Kübler VDE.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
9. 3. 1939 Vortragsreihe „Ausgewählte Fragen der Rundfunkempfangstechnik": „Das Rauschen von Empfängerkreisen und Empfängerröhren", Vortragender: Dr. W. Graffunder.

Hochspannungstechnik. Leiter: Dr.-Ing. G. Hameister VDE.
10. 3. 1939 Vortragsreihe „Die Netze und der Bau ihrer wichtigsten Anlagenteile": „Ein großes Umspannwerk in Innenraumausführung", Vortragender: Obering. J. Eisert VDE.

VDE Bezirk Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Köln. 24. 2. (Fr), 20⁰⁰, Hochzeitssaal der Lese-Ges.: „Neuzeitliche Steuerungen für Abraumfördergeräte". Dipl.-Ing. Th. Jäger.

VDE Bezirk Mittelhessen, Frankfurt a. M. 1. 3. (Mi), 20⁰⁰, Kunstgewerbeschule: 1. Geschäftliches. 2. „Schaltanlagenbau". Dr.-Ing. E. h. H. Probst VDE.

VDE Bezirk Nordhessen, Kassel. 24. 2. (Fr), 20⁰⁰, Hess. Landesmuseum: „Praktische Erfahrungen im Überspannungsschutz" (m. Lichtb.). Dr.-Ing. Frühauf VDE.

VDE Bezirk Nordmark, Kiel. 28. 2. (Di), 20¹⁵, Phys. Inst.: „Probleme der Kabeltechnik". Dir. Dr. Kirch.

VDE Bezirk Südsachsen, Plauen. 27. 2. (Mo), 20⁰⁰, Ratskeller: „Schutzmaßnahmen beim Arbeiten unter Spannung in Netzen und Stationen". Dr. Möllinger VDE.

VDE Bezirk Weser-Ems, Wilhelmshaven. 7. 3. (Di), 20⁰⁰, Parkhaus: „Neuzeitliche elektrische Sammler unter bes. Berücks. der Stahlbatterien". Dipl.-Ing. Pöhler.

Außeninstitut der Technischen Hochschule, Berlin, Metallographische Ferienkurse. Prof. Dr.-Ing. habil. Hanemann. Ferienkursus I: Systematischer Kursus. 1. 3. (Mi) bis 11. 3. (Sa) 9⁰⁰—11⁰⁰ Vortrag, 11⁰⁰—15³⁰ Übungen. Preis 175 RM. Ferienkursus II: Die neuesten Fortschritte der Metallkunde. 13. 3. (Mo) bis 18. 3. (Sa), 9⁰⁰—11⁰⁰ Vortrag, 11⁰⁰—15³⁰ Übungen. Preis 100 RM. Institut für Metallkunde der T. H., Berlin NW 87, Franklinstr. 29.

Deutsche Gesellschaft für technische Physik. 3. 3. (Fr), 19³⁰, Hotel Esplanade, Bellevuestr. 16—18a, Portal 4: Geselliger Abend. Anmeldungen nur bis 25. 2.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

E. Hunziker †.

Mit Emil Hunziker, der am 5. 12. vergangenen Jahres nach schwerem Leiden starb, ist einer der ersten Mitarbeiter C. E. L. Browns, des Mitbegründers des BBC-Unternehmens dahingegangen. Während 43 Jahren hat Hunziker in diesem Unternehmen seine ganze Arbeit, seine ganze reiche Konstrukteurbegabung und seine ganze Liebe der synchronen Wechselstrommaschine gewidmet.

Welche Fortschritte in diesem Zeitraum gemacht wurden, erkennt man am besten, wenn man die Leistung der im Jahre 1892 fertiggestellten Zentrale Fürstenfeldbruck — zwei über Riemen angetriebene 38 kW-Generatoren — mit der Leistung des 1930 gebauten Rheinkraftwerkes Ryburg-Schwörstadt — vier Generatoren zu je 35000 kVA — vergleicht oder an die gewaltigen Leistungen denkt, die heute mit Turbogeneratoren erzeugt werden. 1894 wurden in der Zentrale der Isarwerke in Höllriegelskreuth vier Drehstromgeneratoren zu je 420 kVA aufgestellt, die erst in kurzem nach einem Umbau des wasserbaulichen Teils durch größere Einheiten ersetzt werden. In weiten Kreisen bekannt wurden die Einphasengeneratoren für Frankfurt a. M. (1894), durch deren Konstruktion und einwandfreies Arbeiten die langjährigen Auseinandersetzungen zwischen den Anhängern des Gleichstroms und des Wechselstroms endgültig zugunsten des Wechselstroms entschieden wurden.

E. Hunziker †.

Auf diesem langen Wege war Hunziker nicht nur mit dem immer neuergänzten Rüstzeug strenger Theorie und sorgfältiger Berechnung versorgt, ihn leitete ein intuitiver Blick für die wesentlichen physikalischen und mechanischen Zusammenhänge und eine künstlerisch fühlende Hand. So waren seine Generatoren nicht nur technische Musterwerke, sie zeichneten sich auch durch natürliche Harmonie und Schönheit aus.

Hinter diese seine Schöpfungen zog er sich selbst bescheiden zurück, hatte keinen Wunsch nach persönlichem Hervortreten oder äußerer Ehrung, und es war nur wenigen beschieden, in diesem verschlossenen, wortkargen Ingenieur auch den Menschen ganz zu erkennen, den Mann, der naturphilosophischen Gedankengängen nachging, den Mann mit einem Herzen voller Güte und einem hohen unbestechlichen Gerechtigkeitssinn.

Es ist hier nicht möglich, einen Überblick über die vielen aus Hunzikers Hand hervorgegangenen Maschinen zu geben, noch die Schwierigkeiten zu erwähnen, die zu überwinden waren, bis der Generatorbau die heutige Stufe der Vollkommenheit erreichte. Viele seiner Konstruktionen sind heute Gemeingut geworden und werden seinen Namen in der Geschichte der Synchronmaschine fortleben lassen.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.397.5 (075.4)

Das Große Fernsehbuch. Die Entwicklung des Fernsehens von den Grundlagen bis zum heutigen Stand, mit zahlr. Versuchs- u. Bauanleitungen. Herausg. von H. Günther (W. de Haas) unter Mitarb. von G. Büscher, Studienrat W. Möller und Ing. H. Richter. Mit 268 Abb. u. 192 S. im Format B 5. Preis geb. 8,50 RM.

Der Untertitel „Die Entwicklung des Fernsehens von den Grundlagen bis zum heutigen Stand, mit zahlreichen Versuchs- und Bauanleitungen" kennzeichnet den dem Buche zugrunde liegenden Gedanken, den Leser durch eigene Bastel- und Schaltversuche in die schwierigen Probleme der neuzeitlichen Fernsehtechnik einzuführen.

Nach einer geschichtlichen Übersicht über den Werdegang des Fernsehens, die aber die wichtigen letzten Entwicklungsjahre nicht umfaßt, und einer kurzen Begründung für die Verwendung der Ultrakurzwellen für den Fernsehrundfunk werden die fernsehtechnischen Grundbegriffe, das Prinzip der Bildfeld-Zerlegung und das Arbeiten eines mechanischen Bildfeldzerlegers an Hand einer selbstgebauten Lochscheibe erörtert. Es folgen weitere Bauanweisungen und Beschreibungen für andere, überholte mechanische Zerleger. Der für den deutschen Fernsehsprechdienst und Fernsehrundfunk wichtige Telefunken-Linsenkranzabtaster wird dagegen nicht erwähnt.

Weitere Abschnitte beschäftigen sich u. a. mit den Aufgaben der Photozellen, dem Entstehen des Bildrasters durch die Kippschwingungen, der Sicherung des Gleichlaufs zwischen Sender und Empfänger, dem Zusammenhang zwischen Bildgüte und Bildpunktzahl, dem Farbenfernsehen, der Braunschen Röhre auf der Sender- bzw. Empfängerseite und dem Zeilensprungverfahren. Diese Kapitel sind im allgemeinen gut durchgearbeitet, jedoch z. T. unter zu starker Berücksichtigung älterer Entwicklungsstufen. Es sei darauf hingewiesen, daß die deutsche Fernsehnorm auf 441 Bildzeilen mit 50 Halbbildern — nicht 50 Bildern — je Sekunde nach dem Zeilensprungverfahren festgesetzt worden ist.

Starke Vorbehalte sind zu den Kapiteln „Senderfragen" und „Selbstbau eines Fernsehempfängers mit Braunscher Röhre" und den darin angegebenen Versuchs- und Bauanweisungen zu machen. Kein Bastler darf die Texthinweise übersehen, daß vor dem Beginn der Herstellung und der Inbetriebnahme einer Funksende- bzw. einer Fernsehempfangsanlage die Genehmigung der Deutschen Reichspost notwendig ist, da er sich sonst strafbar macht; bis auf weiteres wird an Bastler keine Baugenehmigung für Fernsehempfänger erteilt. Davon abgesehen stellt der Selbstbau eines Fernsehempfängers an Erfahrung und Geschick des Bastlers so hohe Ansprüche, daß nicht viele Leser sich an dieses ziemlich kostspielige Experiment heranwagen werden, wie überhaupt die meisten Kapitel des „Großen Fernsehbuchs" beim Leser eine ausgeprägte Neigung zum Basteln und Experimentieren voraussetzen und die fernsehtechnischen Erkenntnisse dem Leser weniger in theoretischer und wissenschaftlicher, als vielmehr in sozusagen handgreiflicher Form vermitteln wollen. W. Wichmann.

DK 621.3.024

Elektrotechnik. Einführung in die Starkstromtechnik. Von Prof. I. Herrmann. Bd. 1: Die physikalischen Grundlagen. 6. Aufl. Mit 88 Fig., 16 Tafeln u. 128 S. im Format 110×160 mm. Preis geb. 1,62 RM. — Bd. 2: Die Gleichstromtechnik. Kurze Beschreibung der Gleichstromerzeuger, der Gleichstrommotoren, der Gleichrichter und der Akkumulatoren. 6. neubearb. Aufl. Mit 134 Textabb., 16 Tafeln mit 60 Abb. u. 144 S. im Format 110×160 mm. Preis geb. 1,62 RM. — Bd. 3: Die Wechselstromtechnik. 6. Aufl. Mit 147 Textabb., 16 Tafeln u. 140 S. im Format 100×154 mm. Preis geb. 1,62 RM. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1938.

Die ersten drei der bewährten Göschenbände von Herrmann liegen in neuer Auflage vor. Klarheit und Güte der Darstellung sind geblieben. Herrmann behält in Bd. I das Coulombsche Gesetz des Magnetismus als Ausgangspunkt bei, geht dann aber sofort auf die Darstellung des magnetischen Feldes ein, wobei Induktion und Feldstärke sauber auseinandergehalten werden. Über das Induktionsgesetz (für bewegte Leiter) leitet er zur EMK und zu den Strömungsgesetzen über. Eine Erklärung des Wesens der Strömung wird vermieden. In den folgenden Abschnitten über Stromleiter-Magnetfeld und über das elektrische Feld wird der letzte, den Wechselstromkreis behandelnde Abschnitt geschickt vorbereitet. Bemerkenswert und sehr zu begrüßen ist ein besonderer Abschnitt über die verschiedenen Maßsysteme und Maßeinheiten. — In Band II und III werden insbesondere die Gleich- und Wechselstrommaschinen in bewährter Weise dargestellt. Gleichstromgenerator und -motor sind zunächst in ihrer Wirkungsweise getrennt behandelt; es folgt Aufbau und Betrieb in gemeinsamer Darstellung. Auch bei den Wechselstrommaschinen ist nicht von der allgemeinen Drehfeldmaschine ausgegangen, sondern Synchron-, Asynchron- und Kommutatormaschine sind hintereinandergestellt. Band II enthält dann noch die Sammler, Band III die Transformatoren. Empfohlen wird, die bisher auf beide Bände verteilten Umformer und Stromrichter an einer Stelle zusammenzufassen und geschlossen zu behandeln.

Die Bildersammlungen sind vielfach erneuert. Bei den Maschinen sind zum Teil Schweißkonstruktionen dargestellt. Ausgezeichnet sind die Feldlinienbilder im ersten Band. Die bei der Besprechung der 5. Auflage gemachte Empfehlung[1]) kann warm unterstützt werden. Franz Moeller VDE.

DK 621.395.22

Fernsprech-Querverbindungstechnik. Von E. Petzold. Mit 48 Abb. u. 88 S. im Format 125×190 mm. Verlag Franz Westphal, Wolfshagen-Scharbeutz (Lübecker Bucht), 1938. Preis kart. 2 RM.

Auf dem umfangreichen Gebiet der Fernsprech-Nebenstellenanlagen nehmen die Querverbindungen (das sind die unmittelbaren Verbindungen zwischen zwei Nebenstellenanlagen) eine besonders bedeutungsvolle Stellung ein. Sie sind insofern das Sorgenkind des Schaltungstechnikers, als er mit ihrer Hilfe Nebenstellenanlagen der verschiedensten Betriebsweisen und Ausführungsformen zum einwandfreien Zusammenarbeiten bringen und darüber hinaus vielfach noch sehr weitgehende Teilnehmerwünsche, die in Unkenntnis des technisch oder wirtschaftlich Möglichen ausgesprochen werden, erfüllen soll. Diese Unkenntnis zu beseitigen und damit zu einer Vereinfachung der Querverbindungstechnik beizutragen, hat sich der Verfasser zur Aufgabe gemacht. Er hat sie mit überaus großem Geschick gelöst. Vor allem hat er es verstanden, sowohl im Text wie auch in den zahlreichen Schaltungsauszügen das Grundsätzliche hervorzuheben. Seine Fingerzeige für die zweckmäßige Gestaltung der Querverbindungstechnik im allgemeinen und im einzelnen werden nicht nur für den Schaltungstechniker vom Fach, sondern schlechthin für jeden recht wertvoll sein, der sich mit Fragen der Nebenstellentechnik, insbesondere bei der Beratung von Teilnehmern, zu befassen hat. H. Raettig VDE.

DK 621.396.722.004.5

Systematische Fehlersuche an Rundfunkgeräten. Von R. Schadow. Mit 107 Abb., VI u. 361 S. im Format A 5. Weidmannsche Verlagsbuchhandlung, Berlin 1938. Preis geb. 13,50 RM.

Die nicht ganz einfache Aufgabe, zu beschreiben, wie man Fehler an fehlerhaften Rundfunkgeräten systematisch ermitteln kann, hat der Verfasser recht glücklich auf folgendem Wege gelöst:

Er geht aus von den Wahrnehmungen, durch die sich die Mängel der Geräte bei der Beobachtung in der Werkstatt bemerkbar machen. Sie sind in zehn „Beanstandungsgruppen" zusammengefaßt. Unter jeder dieser Gruppen ist angegeben, welcher Fehler die Ursache der Beanstandung sein kann, und ein Hinweis angefügt, mit welchen Prüfverfahren und -einrichtungen er behoben werden kann. Die Ermittlung der Beanstandungsgruppen einerseits und der Prüfverfahren und -einrichtungen anderseits geschieht sehr praktisch und schnell durch ein am oberen und ein am seitlichen Buchrand angebrachtes Handverzeichnis. In einem einleitenden Abschnitt hat der Verfasser alle für die Instandsetzung von Rundfunkgeräten erforderlichen Vorkenntnisse und besonders auch die Wege zur „Fehlereinkreisung" beschrieben.

Diese Art der systematischen Fehlersuche führt manchmal zu umständlichen Ermittlungen, doch läßt sich dies wohl kaum in einer geschriebenen Anleitung, besonders wenn sie auch zur Einführung in das Arbeitsgebiet dienen soll, vermeiden. Hat aber der Reparierende unter Verwendung dieses Buches genügend Erfahrung in der Prüfpraxis gesammelt, so wird er in vielen Fällen bald zu eigenen, schneller zum Ziel führenden Verfahren gelangen. Es ist aber letzten Endes das Ziel des Buches, dem wir weite Verbreitung wünschen, Anregung zum selbständigen Arbeiten zu geben. W. Cames VDE.

DK 621.396.67.029.6

Kurzwellen-Antennen. Sende- und Empfangs-Antennen in Theorie und Praxis. Von R. Kollak und H. Wehde. Mit 138 Abb. u. 160 S. im Format 155×215 mm. Weidmannsche Verlagsbuchhandlung, Berlin 1938. Preis geh. 4,60 RM, geb. 6,90 RM.

Jeder fortschrittlich gesinnte Amateur wird gerne zu diesem Buch greifen, das an Hand der Theorie der Antennenwiderstände und mit Hilfe vieler praktischer Winke die Berechnung und den Aufbau leistungsfähiger Antennen für den Kurzwellensende- und -empfangsbetrieb beschreibt. Es beginnt mit den allgemein bekannten Antennen von Hertz, Marconi und Fuchs, befaßt sich mit Strahlungs- und Scheinwiderständen, den Speiseleitungen und den verschiedenen Arten von abgeschirmten und unabgeschirmten Energie-

[1]) ETZ 50 (1929) S. 1352.

leitungen und zum Schluß mit dem auch für den Amateur immer wichtiger werdenden Gebiet der Antennen mit Richtwirkung. In besonderen Kapiteln sind auch Empfangsantennen und außerdem die Ausbreitungserscheinungen der Kurzwellen beschrieben. W. Cames VDE.

DK 621.385.1

Standards on Electronics 1938. Herausgeber: The Institute of Radio Engineers, Inc., New York, N. Y., 330 West 42nd Street. Mit 31 Abb. u. 59 S. im Format 155 × 230 mm. Preis geh. 50 cents.

Die wichtigsten für die Röhren aller Arten und für den Gebrauch dieser Röhren üblichen Fachausdrücke werden auf zehn Seiten erklärt. Daran schließen sich eine 1 ½ Seiten lange Formelzeichen-Zusammenstellung, einige grundlegenden Erklärungen sowie eine Abbildung der wesentlichen Elemente der einschlägigen Schaltzeichen an. Der Hauptteil des Heftes ist den Schaltungen zur Aufnahme der Röhren-Kennwerte gewidmet. Den Schaltungen sind kurze Erläuterungen, Angaben über die besonders zu beachtenden Punkte und gegebenenfalls auch die zugehörigen Schrifttumshinweise angefügt. Ein ausführliches Sachverzeichnis bildet den Abschluß des lesenswerten Heftes. F. Bergtold VDE.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Werkstoffkunde für Metallberufe, mit kurzer Einführung in die chemischen Grundbegriffe. Von Ministerialrat Dipl.-Ing. Ph. Linn. 8. neubearb. Aufl. der früheren „Materialienlehre". Neu bearb. von Maschinenbaudirektor Dr.-Ing. R. Brender. Mit 65 Abb. u. 136 S. im Format A 5. Verlag Holland & Josenhans, Stuttgart 1938. Preis kart. 1,80 RM.

[Die frühere Materialienlehre von Linn erscheint seit der 7ten Auflage als „Werkstoffkunde" und ist nun in der 8ten Auflage weiter ausgebaut worden. Die nähere Bezeichnung des Titels „für Metallberufe" kennzeichnet bereits die Art der Behandlung des Stoffes als eine allgemeinverständliche lexikalische Aufzeichnung des großen Gebietes der Werkstoffe und ihrer Technologie. Stahl und Eisen sind ihrer Bedeutung gemäß am ausführlichsten behandelt und dann folgen die übrigen für die Technik wichtigen Metalle nebst ihren Legierungen. Im Hinblick auf den Vierjahresplan enthält auch das Buch das Notwendige über die neuen Austauschwerkstoffe.] *He.*

Meßwerkzeuge als Mittel zur Überwachung der Arbeitsgenauigkeit in Industrie und Werkstatt (mit zahlreichen Anwendungsbeispielen und Berücksichtigung der behördlichen Abnahme). Von Regierungs-Baurat Dipl.-Ing. W. Sorg. Mit 277 Abb. u. 227 S. im Format A 5. Verlag Holland & Josenhans, Stuttgart, 1938. Preis geh. 3,80 RM u. geb. 4,40 RM.

[Der Verfasser hat in seinem Buche, das als Einführung in die praktische Meßtechnik gedacht ist, sehr großen Wert auf viele und gute Abbildungen gelegt, um so dem Leser und Lernenden einen anschaulichen Einblick zu geben in die Vielgestaltigkeit der neuzeitlichen Meßwerkzeuge, deren genaue Kenntnis und richtige Anwendung für die Güte der Arbeit unerläßlich sind. Zunächst nehmen in dem Buch die einfachen Meßwerkzeuge, wie Maße, Taster, Winkelmesser und besonders die Lehren einen breiten Raum ein. Dann folgen u. a. die Endmaße, Fühlhebel, optischen Meßgeräte, Meßmaschinen und die Verfahren zur Kegel-, Gewinde-, Zahn- und Drehzahlmessung. Den Schluß bilden die neuzeitlichen elektrischen Feinmeßgeräte, die Meßräume und die behördliche Abnahme.] *en.*

Das Taschenbuch „Schönheit der Arbeit". Zusammengestellt von A. von Hübbenet. Mit einem Geleitwort des Reichsamtsleiters Prof. A. Speer. Herausg. vom Amt „Schönheit der Arbeit". Mit 245 Abb. u. 280 S. im Format A 5. Verlag der Deutschen Arbeitsfront, Berlin 1938. Preis kart. 2,50 RM, geb. 3,50 RM.

[Schönheit der Arbeit heißt, die Arbeitsstätten so zu gestalten, daß darin Augen und Herz aufgehen können für den Sinn und Wert der Arbeit und daß nicht zuletzt Gewähr gegeben ist für die Gesunderhaltung der Werktätigen. Wer als Betriebsführer oder Architekt Anregungen braucht, findet in dem Buch ein reichhaltiges Bildmaterial, das ein beredtes Zeugnis von den Erfolgen der bisher fünfjährigen Tätigkeit des Amtes „Schönheit der Arbeit" ablegt.]

Eignung von Rohrleitungen im Kraft- und Wärmebetrieb. Herausg. von der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Kraft- und Wärmeingenieure (ADK) des VDI. Mit zahlr. Abb. u. 164 S. im Format A5. VDI-Verlag G.m.b.H., Berlin 1938. Preis kart. 9,50 RM.

[Der Inhalt der Schrift ist gegliedert nach Grundlagen zur Planung und Ausführung, Rohre, Rohrverbindungen, Dehnungsausgleicher, Entwässerung und Entlüftung, Rohrunterstützungen, Schaltgeräte, Einbau von Meßgeräten und Wärmeschutz. Das Buch ist auf Grund von praktischen Erfahrungen für den planenden Ingenieur und Betriebsmann geschrieben, enthält mancherlei Hinweise zur Vermeidung von Fehlern und gibt einen Überblick über die Gestaltung der Rohrleitungsanlagen im Kraft- und Wärmebetrieb.]

Zündverzug und Klopfen im Motor. VDI-Forschungsheft 392. Mit Arbeiten von Dr.-Ing. habil. Fritz A. F. Schmidt und Dr.-Ing. H. H. Wolfer. Mit 28 Abb., 3 Zahlentafeln und 24 S. im Format A 4. VDI-Verlag G.m.b.H., Berlin 1938. Preis kart. 5 RM.

[Die beiden Arbeiten stellen einen weiteren Schritt dar, um die der Leistungssteigerung von Verbrennungsmotoren entgegenwirkenden Erscheinungen des Klopfens und des Zündverzuges weiter zu klären. Es ergibt sich u. a., daß bei einem Kraftstoff die Ceten- und auch die Oktanzahl nicht als erschöpfende Kennzeichnung gelten können und daß der Zündverzug von Druck und der Temperatur der Verbrennungsluft nach den Gesetzen der Kettenreaktionen abhängt. Für den Zündverzug wird eine zahlenmäßig allgemein gültige Formel angegeben.]

Bücher der Anstrichtechnik. Beiträge aus dem Arbeitsgebiet des Fachausschusses. 3. Buch. Herausg. vom Fachausschuß für Anstrichtechnik des Vereines deutscher Ingenieure und des Vereines Deutscher Chemiker im Nationalsozialistischen Bund deutscher Technik durch die Arbeitsgruppe „Verbreitung anstrichtechnischer Kenntnisse". Mit 84 Abb. u. 104 S. im Format A 4. VDI-Verlag G.m.b.H., Berlin 1938. Preis kart. 7,50 RM.

[Den Kampf gegen Korrosionen mit allen zu Gebote stehenden und dabei möglichst devisenfreien Mitteln zu bekämpfen, ist heute mehr denn je eine selbstverständliche Pflicht. Aus den 28 Vorträgen ergibt sich, wie mit neuen Werkstoffen Vorhandenes verbessert, wie durch die Herstellung von Anstrichmitteln mit neuen Eigenschaften vorhandene Lücken geschlossen und dem Verbraucher mehr Möglichkeiten gegeben sind, die Lebensdauer seiner Anlagen durch Oberflächenschutz zu verlängern. Den Elektrotechniker interessieren besonders die Ausführungen über „Anstriche in Elektrizitätswerken, Akkumulatoren-Räumen und an Außenanlagen.]

Die Heizerschule. Vorträge über die Bedienung und die Einrichtung von Dampfkesselanlagen und Niederdruckkesseln. Ein Lehrbuch zur Ablegung der staatlichen Kesselwärterprüfung. Von F. O. Morgner. 7. verbess. Aufl. Mit 187 Textabb., VII u. 164 S. im Format 155 × 235 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1938. Preis geh. 4,80 RM.

[In der nach kurzer Zeit notwendig gewordenen 7. Auflage wurden neu bearbeitet bzw. erweitert die Abschnitte über Speisewasseraufbereitung, Ekonomiser, Großwasseraum-Steilrohrkessel, La Mont-Kessel, Rauchgasprüfer und Abschlämmvorrichtungen. Während in dem Buch laufend alle technischen Fortschritte aufgenommen sind, bleibt sein Grundzug erhalten, nach wie vor ein Lehrbuch für den Kesselwärter zu sein.]

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Direktor Ing. G. J. T. Bakker VDE, den Haag, Frankenslag 163.
W. Nürnberg VDE, Berlin-Weißensee, Schönstr. 16.
Dipl.-Ing. K. Scheuing VDE, Berlin-Wilmersdorf, Pfalzburger Str. 67.
Dr. nat. F. Strecker, Schönwalde üb. Velten b. Berlin, Kurmärkische Str. 13.

Abschluß des Heftes: 16. Februar 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE, G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang **Berlin, 2. März 1939** **Heft 9**

Die Löschung von Lichtbogenkurzschlüssen durch kurzzeitiges Abschalten.

Von **W. Kaufmann VDE**, Berlin.

DK 621.316.5.064.22 : 621.3.014.3

Die Bedeutung der Erdschlußlöschung besteht bekanntlich darin, daß durch die Kompensierung des Erdschlußstromes die Erdschlußlichtbogen von selbst erlöschen und dadurch die Betriebssicherheit solcher Netze im Gegensatz zu denen mit starrer Erdung ganz bedeutend erhöht wird. Da Erdschlüsse nunmehr keine Unterbrechung der Stromlieferung bedeuten, hat man sich eine Zeitlang mit den Erfolgen der Erdschlußlöschung zufrieden gegeben; nur bei Kurzschlüssen war noch eine Betriebsunterbrechung erforderlich, da die Störung nach wie vor abgeschaltet werden mußte. Wenn auch diese Kurzschlußabschaltungen sehr viel seltener auftreten als Erdschlüsse, geht doch der Wunsch der Elektrizitätswerke immer schon dahin, auch die Zahl der durch Kurzschlüsse hervorgerufenen Betriebsunterbrechungen nochmals auf einen Bruchteil herabzusetzen. Ein Mittel auf diesem Wege bestand darin, die Leitungen ringförmig anzuordnen und dann den mit einem Kurzschluß behafteten kranken Teil selektiv abzuschalten. Wenn die Eigenzeit der Schalter sowie die Relaiszeit zusammen genügend kurz sind, ist es möglich, hierdurch eine Betriebsunterbrechung vom ganzen Abnehmerkreis fernzuhalten. Solche günstigen Netzanordnungen liegen jedoch nicht überall vor, sie sind in vielen Fällen auch nicht wirtschaftlich ausführbar.

Nun zeigt die Statistik der Störungen auf Freileitungen, daß das bisher übliche Verfahren der Wiedereinschaltung 3 min nach der Kurzschlußabschaltung in 80 bis 90 Fällen von 100 von Erfolg war, d. h. daß die den Kurzschluß verursachenden Umstände in den 3 min spannungsfreier Pause von selbst verschwanden. Es war zunächst naheliegend, diese Pause zu verkürzen, jedoch ist hier kein weiter Spielraum möglich, da den Abnehmern Gelegenheit gegeben werden muß, die einmal spannungslos gewordenen Motoren abzuschalten und u. U. auch nachzusehen, ob der Fehler nicht in der eigenen Anlage aufgetreten ist. Die zu diesem Zwecke eingebauten selbsttätigen Wiedereinschaltvorrichtungen, die vor allem für unbemannte Stationen gedacht sind, können zwar die Dauer der Betriebsunterbrechung abkürzen, sie selbst aber nicht verhindern.

Die logische Weiterentwicklung der schnellen Wiedereinschaltung führt nun zu der neuen „Kurzschlußlöschung", die darin besteht, daß der Kurzschlußstrom so schnell abgeschaltet und die Spannung nach so kurzer Zeit wieder zugeschaltet wird, wie es gerade eben ohne Rückzündung an der Kurzschlußstelle geschehen kann[1]). Gemäß genauen Untersuchungen an Luftlichtbogen, die weiter unten näher beschrieben werden, geht die Regeneration der vom Kurzschlußlichtbogen herrührenden heißen Gasstrecke so schnell vor sich, daß die kurzzeitige Unterbrechung der Energiezufuhr beim Abnehmer keinerlei Störungen hervorruft, da die Motoren in Betrieb bleiben. Man kann nun ohne Nachteil für die Abnehmer auch ein größeres Gebiet kurzzeitig abschalten. Daher ist es nicht mehr erforderlich, jeden einzelnen Abzweig eines strahlenförmig angeordneten Netzes mit einem Kurzschlußlöscher — so sei das Schaltgerät für die Kurzschlußlöschung genannt — auszurüsten, sondern es können mehrere Abzweige, wie in Abb. 1 dargestellt, von einem Kurzschlußlöscher geschützt werden, der jeden Lichtbogen auf einer der hinter ihm liegenden Freileitungen in kürzester Zeit „löscht", während bei einem metallischen Kurzschluß der jeweilige Abzweigschalter S mit seinem normalen Schutz selektiv ausschaltet.

Abb. 1. Netzanordnung mit Kurzschlußlöschern (K und K').

Auch in andersgearteten Netzgebilden kann die Kurzschlußlöschung von Vorteil sein. Sind beispielsweise die Leitungen sehr stark vermascht, so genügt häufig der bisher übliche Selektivschutz nicht mehr den Anforderungen. Auch sind dann Gesellschaftsschlüsse, wie beispielsweise doppelte und mehrfache Erdschlüsse, nicht mehr eindeutig erfaßbar. Hier wird es durch geeignete Anordnung von mehreren Kurzschlußlöschern an den einspeisenden Stellen des vermaschten Netzes möglich sein, alle diese Kurzschluß- und Erdschlußfälle zu erfassen, denen selbst ziemlich komplizierte Schutzeinrichtungen nicht mehr gewachsen sind.

Ein anderer Vorschlag (Täuber-Neugebauer) geht dahin, an geeigneten Stellen, vor allem in stark ver-

[1]) O. Mayr, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 32.

maschten Netzen, Kurzschließer einzubauen, welche abhängig von der durch Kurzschlüsse hervorgerufenen Spannungsabsenkung das Netz kurzzeitig erden und kurzschließen und dann sofort wieder abschalten. Dieses Verfahren stellt hohe Anforderungen an die Kurzschlußfestigkeit der Anlageteile und Transformatoren, bietet jedoch den Vorteil, daß u. U. ein einziger Kurzschließer dieselbe Aufgabe erfüllt wie mehrere Kurzschlußlöscher an den verschiedenen einspeisenden Stellen.

Will man sich Klarheit über die Anforderungen verschaffen, die an einen Kurzschlußlöscher gestellt werden müssen, so sind zunächst die Eigenschaften eines Kurzschlußlichtbogens und der von ihm erzeugten heißen Gasstrecke genauer zu untersuchen.

Untersuchung von Lichtbogen auf Freileitungen

Um bei den Versuchen die Verhältnisse wahrheitsgetreu nachzuahmen, wurde das Modell einer Freileitung (Abb. 2 a) aufgebaut[2]). Es ist bekannt, daß die leichtbeweglichen Lichtbogen je nach der Stromstärke mehr oder weniger schnell an blanken Leitern entlang laufen. Bei Strömen über 10 000 A wurden bereits mittels Zeitlupe

a Modell, rechts der Kurzschlußlöscher b Lichtbogen (10 kA, 1 s) an der Kreisschleife

Abb. 2. Freileitungsmodell zur Untersuchung leichtbeweglicher Lichtbogen.

Geschwindigkeiten von 30 m/s gemessen. Da es Schwierigkeiten macht, Lichtbogen auf große Entfernungen zu verfolgen, wurde die Leitung, wie auf Abb. 2 a links zu sehen, in einen Kreisbogen von etwa 2 m Dmr. zurückgebogen. Die Enden der Leitungen blieben offen, so daß ein an irgendeiner Stelle des Kreises brennender Lichtbogen immer nur von einer Seite her gespeist wird. Es war nun sehr gut zu beobachten, daß Lichtbogen mit Stromstärken von etwa 1000 A verhältnismäßig leicht bis zum höchsten Punkt des Kreises in die Höhe liefen, da der thermische Auftrieb die magnetische Blaswirkung unterstützt. Beim Herunterwandern auf der rechten Kreishälfte war die Wanderungsgeschwindigkeit erheblich geringer, und der Lichtbogen setzte sich gerne an den scharfen Kanten der Eisenträger fest. Sobald er aber einmal am Ende des Leitungszuges angekommen war, sprang er sofort wieder auf den Anfang des Kreises über und begann von neuem mit seiner rotierenden Bewegung. Steigerte man nun die Stromstärke im Lichtbogen, so stieg die Wanderungsgeschwindigkeit des Lichtbogens beträchtlich an. Es war nun kein Unterschied mehr zwischen der Auf- und Abwärtsbewegung des Lichtbogens zu bemerken. Bei Strömen in der Größenordnung von 10 000 A wandert er bereits so schnell, daß er in 1 s zwei- bis dreimal auf dem Umfang des Kreises herumwanderte. Ein solcher Fall ist in Abb. 2 b dargestellt. Man erkennt deutlich den glühenden Kopf, das ist die Stelle, an der im Augenblick der Lichtbogen brennt, und dahinter eine Fahne noch heißer, zum Teil selbstleuchtender, zum Teil aber vom Lichtbogen angestrahlter Metalldämpfe, welche sich an der Stelle befinden, die der Lichtbogen gerade durchlaufen hatte.

Ändert man nun dieses Modell derart, daß man den Kreisbogen unten schließt, so wandert der Lichtbogen genau bis zu dem der Verbindungsstelle gegenüberliegenden Punkt und bleibt dort stehen; denn an dieser Stelle erhalten die Lichtbogenfußpunkte von beiden Seiten Strom, die elektrodynamischen Kräfte, die von den Zuleitungen aus auf dem Lichtbogenfeld ausgeübt werden, heben sich auf, und es besteht somit für den Lichtbogen kein Anlaß, weiter zu wandern. Dieser Fall schien zunächst der ungünstigste hinsichtlich einer späteren Rückzündung zu sein, denn die heißen Gase werden in großer Menge an einer Stelle erzeugt, und dementsprechend kann auch ihre Abkühlung nur langsamer vor sich gehen, als wenn der Lichtbogen schnell weiter wandert.

Es wurden auch einige weitere Fälle untersucht, die in der Praxis vorkommen können, nämlich die Anordnung von zwei oder drei Leitern übereinander, ferner die Anordnung von Spitzenfunkenstrecken mit geradliniger Zuleitung ohne Schleife. Alle diese Anordnungen haben aber keinen nennenswerten Unterschied in der Regenerierungsgeschwindigkeit der Gasstrecke ergeben. Die Versuche wurden so durchgeführt, daß zu verschiedenen Zeiten nach dem Abschalten des Lichtbogenstromes die Betriebsspannung von 15 kV wieder zugeschaltet wurde, und zwar wurde die spannungslose Pause von 0,06 bis 0,15 s verändert. Dabei wurde registriert, ob es zu einer Rückzündung beim Wiederzuschalten der Spannung kam oder ob die Spannung von der noch immer heißen Gasstrecke ausgehalten wurde. Das Ergebnis ist in Abb. 3 dargestellt, aus der man entnehmen kann, daß rund $^1/_{10}$ s in den meisten Fällen genügt, um eine Wiederzündung zu verhindern.

o Rückzündungen • Wiedereinschalten ohne Rückzündung
Ordinate: Wiederzuschaltzeit Abszisse: Versuchsnummer

Abb. 3. Versuchsergebnisse an Luftlichtbogen.

Um einen besseren Einblick in den Zustand der heißen Gassäule zu bekommen, wurde bei den Versuchen die Widerstandszunahme der Gassäule gemessen. Es ist von Zeitlupenaufnahmen her bekannt[3]), daß bei einem Lichtbogen in Luft (Stickstoff) die Restsäule noch verhältnis-

[2]) Dieses Modell wurde zusammen mit einem Kurzschlußlöscher anläßlich der WEV-Tagung am 9. 12. 1938 im Schaltwerk der SSW vorgeführt.

[3]) Vgl. O. Mayr, wie Fußnote 1, Abb. 1.

mäßig lange Zeit nachleuchtet. Dieser Lichteffekt ist jedoch nicht für eine Rückzündung von Bedeutung, da er wesentlich länger, bis zu ¼ s, anhält. Tatsächlich hält die Gasstrecke aber bereits wesentlich früher wieder die Spannungen aus. Dies hat wohl seinen Grund darin, daß durch

Abb. 4. Meßschaltbild zu Abb. 5.

turbulente Luftbewegungen der Zusammenhang zwischen den beiden Fußpunkten des Lichtbogens schon wesentlich früher aufgehoben wird. Hier ist die erwähnte Widerstandsmessung in der Lage, einen weiteren Einblick zu gewähren. Wie in dem Schaltbild Abb. 4 dargestellt, wurde der Aus-Schalter mit einem Hochspannungswiderstand R überbrückt, der mindestens so groß war, daß die Gasstrecke durch den vom Widerstand begrenzten Strom nicht aufgeheizt werden konnte. Mißt man nun die Spannung an der abgeschalteten Freileitung (vgl. Oszillogramm Abb. 5), so sieht man, daß sie zunächst noch keine Spannung aufnehmen kann, daß aber nach Verlauf von etwa 0,04 s eine plötzliche Widerstandszunahme eintritt. Liegt die Hälfte der angelegten Spannung an der Gasstrecke, so bedeutet dies, daß ihr Widerstandswert gerade gleich dem Überbrückungswiderstand ist. Durch verschieden

Abb. 5. Oszillogramm einer Widerstandsmessung für Schaltung nach Abb. 4.

große Überbrückungswiderstände konnte somit innerhalb einer Versuchsreihe der Widerstand der Gassäule in einem sehr großen Bereich von 1 bis 1000 kΩ verfolgt werden. Eine Auswahl dieser Messungen aus einer Versuchsreihe zeigt Abb. 6. Für eine bestimmte Stromstärke ergab sich eine relativ scharfe Grenze für den Widerstand der Gassäule, oberhalb dessen keine Rückzündung mehr erfolgt; so betrug z. B. bei 1000 A die Widerstandsgrenze etwa 60 kΩ. Es ist bemerkenswert, daß diese Grenze sich ganz beträchtlich mit der Stromstärke verschiebt. Bei größeren Strömen konnte schon bei wesentlich niedrigeren Widerständen der Gassäule zugeschaltet werden, ohne daß eine Rückzündung erfolgte, während bei kleineren Strömen auch noch Rückzündungen bei 200 kΩ beobachtet wurden. Dies ist wohl so zu erklären, daß die Gassäule bei großen Stromstärken einen wesentlich größeren Querschnitt hat, wobei trotzdem der Strompfad an einzelnen Stellen durch turbulente Luftbewegungen unterbrochen wurde.

Das Ergebnis dieser Messungen ist kurz folgendermaßen zusammenzufassen: Die Entscheidung, ob eine Rückzündung nach einer bestimmten spannungslosen Pause eintritt, ist eine Frage der Wahrscheinlichkeit, die bei Zeiten von weniger als 0,06 s groß ist, bei Zeiten von über 0,1 s bereits unter 10 % liegt. Für alle aufgenommenen Versuche ergab sich der in Abb. 7 dargestellte Verlauf der Wahrscheinlichkeit für eine Rückzündung. Man erkennt den plötzlichen Abfall zwischen 0,06 und 0,07 s, welcher mit der plötzlichen Widerstandszunahme nach dieser Zeit übereinstimmt. Legt man die spannungslose Pause zu 0,1 s fest, so würden noch 10 % aller Zuschaltungen zu einer Rückzündung führen. Das bedeutet, wenn wir die anfangs erwähnte Statistik zugrunde legen, daß von 85 Zuschaltungen, die bisher bei einer Pause von 3 min erfolgreich waren, etwa 77 Zuschaltungen auch nach 0,1 s erfolgreich sein werden. Acht Zuschaltungen werden zu einer Rückzündung führen, welche sich genau so auswirkt wie die fünfzehn übrigbleibenden metallischen Kurzschlüsse, die auch nach 3 min nicht verschwunden waren. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß derart

○ Rückzündung bei Wiedereinschalten ● keine Rückzündung

Abb. 6. Widerstandszunahme.

ungünstige Fälle, wie sie absichtlich bei den Prüffeldversuchen zugrunde gelegt wurden, in der Praxis nicht immer vorhanden sind. Insbesondere ist hier der Einfluß des Windes von außerordentlicher Bedeutung. Dies zeigen die zehn letzten Versuche, welche bei einem ganz leichten Wind ausgeführt wurden, und die bei einer spannungslosen Pause von etwa 0,06 s in keinem einzigen Falle zu einer Rückzündung führten. Man kann daraus schließen,

– – – in ruhiger Luft ——— bei mäßigem Wind

Abb. 7. Wahrscheinlichkeit der Rückzündung.

daß in der Praxis bei einer Einstellung der spannungslosen Pause auf 0,1 s nur ein verschwindend kleiner Prozentsatz der Wiederzuschaltungen mißglücken wird.

Anderseits ist der Erfolg, welcher durch eine derart kurze Stromunterbrechung erreicht wird, auch in anderer Beziehung sehr wertvoll; denn sorgt man gleichzeitig dafür, daß die Abschaltung des Kurzschlusses möglichst

schnell, etwa in einer Zeit von 0,05 s vor sich geht, so ergeben sich für die hinter dem Kurzschlußlöscher liegenden Abnehmer Unterbrechungszeiten von 0,15 s, welche für den Betrieb recht großer Motoren ebensowenig wie für die Beleuchtung eine Störung bedeuten. Selbstverständlich müssen die Nullspannungsauslöser, welche an den hinter dem Kurzschlußlöscher liegenden Schalter angebracht sind, mit einer geringen Verzögerung versehen werden, damit sie nicht in dieser kurzen Zeit bereits ansprechen.

Ferner wird durch eine solche kurze Zeit die Zerstörung, die der Lichtbogen an einer Freileitung und ihren Isolatoren hervorbringen kann, stark vermindert. Genaue Messungen des Abbrandes haben ergeben, daß dieser etwa proportional der Stromstärke und ebenfalls proportional der Einwirkungsdauer ist. So beträgt der Abbrand:

für Eisen	0,4 cm^3/kA, s
„ Kupfer und Messing	0,6 „
„ Aluminium	1,4 „
„ Magnesium	2 „ .

Daraus geht hervor, daß in 1 s ein dünner Freileitungsdraht bereits durchgeschmolzen werden kann, während in $^1/_{10}$ s die Verbrennung noch praktisch belanglos ist. Im gleichen Sinne werden auch die Verbrennungen an den Freileitungsisolatoren so geringfügig, daß man sie wahrscheinlich vom Erdboden aus kaum feststellen kann. Es liegt also ein großes Interesse vor, die Zeiten bis zum Wiederzuschalten auf das kleinstmögliche Maß zu verringern.

Konstruktive Ausbildung des Kurzschlußlöschers.

Will man die genannten kurzen Zeiten mit einem Leistungsschalter der üblichen Bauart erreichen, so ergeben sich bereits erhebliche Schwierigkeiten durch die rein mechanische Umsteuerung der in der Ausschaltrichtung bewegten Schaltelemente. Hierbei hat sich als außerordentlich fruchtbar der Gedanke erwiesen, die Wiedereinschaltung durch einen zweiten Schalter vornehmen zu lassen, der als einfacher Lufttrennschalter ausgeführt sein kann. Haben doch sämtliche Expansionsschalter der Säulenbauart für höhere Spannungen bereits seit Jahren Trennmesser, mit denen der volle Kurzschlußstrom in Luft eingeschaltet wird. Dieses Schaltverfahren hat sich sehr gut bewährt, ganz besonders bei der bisher üblichen umgekehrten Schaltfolge: Einschalten auf einen Kurzschluß mit sofortigem Wiederausschalten, da nunmehr diese beiden Schaltvorgänge sich gegenseitig nicht mehr stören. Es stellt also nur eine Weiterbildung der bekannten Expansionsschalterbauform dar, wenn man das vorhandene Lufttrennmesser zum Zwecke der Kurzschlußlöschung derart steuert, daß es unmittelbar nach dem Abschalten durch den Leistungsschalter die Leitung wieder an Spannung legt. Abb. 8 gibt drei Bauformen eines als Kurzschlußlöscher ausgebildeten Expansionsschalters wieder. Im Gegensatz zu der normalen Anschlußweise müssen beim Kurzschlußlöscher die beiden Trennstrecken (Leistungsschalter–Lufttrennstrecke) parallel geschaltet werden. Da der Leistungsschalter nur kurze Zeit ausgeschaltet bleibt, kann auf die vorgeschaltete Lufttrennstrecke verzichtet werden. Die einfachste Anordnung ist in Abb. 8a dargestellt. Der Leistungsschalter ist in Erwartung eines Kurzschlusses eingeschaltet, das Trennmesser steht offen. Bekommt dieser Schalter Ausschaltkommando, so geht der Leistungsschalter in die Ausschaltstellung und unterbricht somit den Kurzschlußstrom. Unmittelbar darauf schaltet nun das Trennmesser ein und schließt hiermit wieder den Stromkreis. Da für beide Schaltvorgänge die gleiche Schaltfeder benutzt wird, ist der Schalter völlig unabhängig von irgendeinem Betätigungsmittel, sei es Druckluft oder elektrische Energie. Auch für die Auslösung ist keine Hilfsspannung erforderlich, da der angebaute Überstromauslöser mechanisch auf die Freilaufklinke wirkt.

Es kann nun in der Praxis leicht vorkommen, daß im Anschluß an einen Überschlag innerhalb von 1 s weitere Überschläge folgen. So wurden gelegentlich 28 % aller Blitze als Mehrfachblitze[4]) festgestellt, welche mit Pausen von im Mittel 0,1 s aufeinander folgen. Die Folge solcher Mehrfachstörungen wäre nun die, daß der Kurzschlußlöscher jedesmal zum Arbeiten käme, was unbedingt verhindert werden muß. Der eben beschriebene Schalter kann diesen Fehler nicht machen, da er nach dem Ansprechen erst wieder bereit gemacht werden muß. Es erscheint zweckmäßig, durch eine Fallklappe dem Schaltwärter zu melden, daß der Kurzschlußlöscher angesprochen hat, worauf er die Möglichkeit hat, ihn von Hand oder mittels üblichen Fernantriebes in seine Bereitschaftsstellung zu bringen. Bei diesem Schaltvorgang tritt keine Stromunterbrechung ein, da zuerst der Leistungsstift in die Einschaltstellung geht und dann erst der Trennschalter

Abb. 8. Drei Bauarten des Kurzschlußlöschers.

öffnet. Es ist selbstverständlich auch möglich, mittels einer Relaisanordnung ein verzögertes Bereitmachungskommando auf den Schalter zu geben. Die Pause müßte nur groß genug sein, daß bei einem metallischen Kurzschluß der jeweilige Abzweigschalter mit seinem normalen Schutzsystem den Kurzschluß selektiv abgeschaltet hat. Durch den nachträglichen Einbau eines Kurzschlußlöschers wird also die vorhandene Relaisanordnung in keiner Weise gestört und kann unverändert beibehalten werden.

Abb. 8b zeigt eine andere Bauform, bei der das Parallelmesser unten am Kammerstützer angebracht ist. Diese Anordnung ist besonders raumsparend, sowohl hinsichtlich der Zellenhöhe als auch, sofern die Leitungsführung geradlinig ist, in bezug auf die Zellentiefe.

In manchen Fällen ist es erwünscht, den Kurzschlußlöscher auch wie einen normalen Schalter zum Ausschalten allein zu gebrauchen; dann muß die der Expansionskammer vorgeschaltete Lufttrennstrecke beibehalten werden, und beide Lufttrennstrecken müssen auf die volle Schlagweite öffnen (Abb. 8c). In dieser Form gleicht der Schalter äußerlich einem normalen Hochstrom-Expansionsschalter, unterscheidet sich von diesem nur darin, daß die Schaltbewegung des unteren Trennmessers umgekehrt gesteuert wird, so daß es sofort nach dem Öffnen des Leistungsschalters und des oberen Trennschalters den Stromkreis wieder schließt. Wird der Schalter von Hand oder nach dem Zuschalten auf einen metallischen Kurzschluß durch ein besonderes Relais ausgeschaltet, so braucht es lediglich verriegelt zu werden, damit es nicht wieder einschaltet. Schließlich ist es auch möglich, einen normalen Leistungsschalter mit einem für schnelles Einschalten eingerichteten Trennschalter zu ver-

[4]) McEachron, Electr. Engng. 57 (1938) S. 510.

einigen. Hier muß lediglich eine gegenseitige Verriegelung vorgenommen werden, damit der Trenner niemals unter Last geöffnet wird, was jedoch sowohl mittels Druckluft als auch mit einem mechanischen Gestänge keine Schwierigkeiten macht. Beide vorgenannten Anordnungen lassen sich nun auch als Transformatorschalter (Abb. 1, Schalter *K'*) benutzen, wobei sie allein durch Überstrom zum sofortigen Wiedereinschalten gebracht werden, beim Schalten von Hand oder im Falle eines Transformatorschadens jedoch nur ausschalten. Damit ist für eine vielseitige Anwendungsmöglichkeit gesorgt.

Während sich die vorstehenden Ausführungen im wesentlichen auf Mittelspannungsnetze von etwa 6 bis 30 kV beziehen, sind die Aufgaben des Kurzschlußlöschers bei höheren Spannungen andere. Freileitungen von 100 kV und darüber dienen meist nicht mehr der Versorgung einzelner Abnehmer, sondern dem zwischenbezirklichen Verbundbetriebe. Es ist also anzunehmen, daß auf beiden Seiten der Freileitung Kraftwerke vorhanden sind, deren Außertrittfallen auf jeden Fall verhindert werden muß. Diese Bedingung ist jedoch bei ganz ungünstigen Verhältnissen der Lastverteilung auch mit einem Zeitraum von 0,1 s nicht mehr allgemein sicher einzuhalten. Hinzu kommt, daß wegen der unvermeidlichen, wenn auch geringen Streuung der Eigenzeiten mehrerer Kurzschlußlöscher die spannungslose Pause für eine zweiseitig gespeiste Freileitung, die an beiden Enden mit je einem Kurzschlußlöscher versehen ist, um die Streuzeit größer zu halten ist, damit den heißen Lichtbogengasen genügend Zeit zur Regenerierung bleibt. Bei diesen Spannungen erscheint es also richtig, auch mit Rücksicht auf die größere Gefahr einer Rückzündung die spannungslose Pause auf ⅓ bis ¼ s heraufzusetzen. Was mit einem normalen Expansionsschalter für 200 kV erreichbar ist, zeigt Abb. 9. Die Stromflußdauer, bestehend aus der Relaiszeit *R*, der Eigenzeit *E* des Schalters und der Lichtbogendauer *Ta*, beträgt nur 0,19 s. Kurz vor Erreichen der Endstellung, aber noch vor Öffnen der Lufttrennstrecke, kehrt der Schalter seine Bewegung um und schließt bereits nach einer spannungslosen Pause von 0,3 s seine Kontakte wieder. Besteht der Kurzschluß noch, so schaltet er nach weiteren 0,19 s endgültig ab. Ist aber die Kurzschlußlöschung erfolgreich gewesen, so bleibt er eingeschaltet; die gesamte Störungszeit beträgt dann nur 0,49 s. Durch geringfügige Änderungen des Getriebes der Expansionsschalter ist es möglich, diese Zeiten noch weiter zu kürzen, jedoch muß die Praxis zeigen, ob dies erforderlich ist.

R Relaiszeit des Schalters *E* Eigenzeit des Schalters *Ta* Lichtbogendauer

Abb. 9. Schaltzeiten eines 200 kV-Expansionsschalters.

Elektroöfen für die Leichtmetallindustrie.

Von **Julius Wolf**, Dortmund.

DK 621.365.3 + .5 : 669.71/.72

Wie bei allen andern Metallen, so ist auch bei den Leichtmetallen das Schmelzen die Grundlage für jede Weiterverarbeitung. Hier hat sich der elektrisch beheizte Ofen nach und nach eine vorherrschende Stellung infolge seiner vielseitigen Verwendungsmöglichkeit, seines sauberen und angenehmen Betriebes erworben. Über die häufigsten Bauformen wird nachstehend an Hand von Ausführungen von Brown, Boveri & Cie. berichtet.

Eine oft verwendete Form des Großschmelzofens für Aluminium und seine Legierungen ist der Wannenofen mit in der Decke eingebauter Widerstandsheizung, wie ihn Abb. 1 zeigt. Seine kennzeichnenden Merkmale sind:

1. die Unterteilung der Herdfläche in die vor den Beschickungstüren liegenden Vorwärmherde und die in der Mitte des Ofens liegende Wanne zur Aufnahme des Metallbades;
2. die Abschirmung der Heizelemente gegen Badspritzer und zum Abschluß gegen eine korrodierende Ofenatmosphäre.

Die zuletzt erwähnten Schutzabdeckungen bestehen größtenteils aus hitzebeständiger Legierung, in selteneren Fällen auch aus keramischen Bauteilen; als solche kommen dünnwandige Platten aus Carborund oder gesintertem Korund in Betracht. Den metallischen Schutzabdeckungen gibt man gegenüber den keramischen den Vorzug, da sie die von den Heizleitern ausgestrahlte Wärme gut aufnehmen und gleichmäßig verteilt an das zu schmelzende Metall übertragen.

Hinsichtlich ihrer Ausführung unterscheidet man zwei Wannenofenarten: die kippbare und die feststehende. Die zweite findet sich meist nur bei kleineren Öfen, z. B. Schöpföfen für größere Gießereien. Bei den kippbaren Öfen gibt es Ausführungen, die entweder um die Gießschnauze oder um die Schwerachse gekippt werden. Abb. 1

Abb. 1. Wannen-Schmelzofen für Aluminium und Aluminiumlegierungen Fassungsvermögen bis 3000 kg, Heizleistung 175 kW.

zeigt einen um die Schwerachse kippbaren Ofen. Die um die Schnauze kippbare Ausführung verwendet man gern in solchen Fällen, wo es darauf ankommt, beim unmittelbaren Vergießen vom Ofen in Kokillen einen immer gleichgerichteten Gießstrahl zu haben; auch wird dadurch verhindert, daß Oxyd in den Gießtiegel oder die Gießform gelangt.

Öfen der geschilderten Art werden nicht nur zum Einschmelzen, sondern auch zum Mischen, Warmhalten und Legieren verwendet. In ihrer Bauart unterscheiden sie sich von den normalen Öfen nicht; zur Durchführung der Legierungsarbeiten können z. B. besondere Einrichtungen zum Eingießen von flüssigem Metall und Arbeitstüren zum Durchrühren des Bades angebracht werden. Häufig werden die Öfen auch mit beheizter Gießschnauze ausgerüstet oder erhalten über dem Ausguß eine Schöpftür. Als besonders vorteilhaft hat sich auch eine Einrichtung an der Gießschnauze erwiesen, die es gestattet, noch flüssige Metallreste aus den Gießlöffeln und -pfannen in den Ofen zurückzugießen, wodurch eine beträchtliche Metallersparnis erzielt wird.

Besondere Aufmerksamkeit muß abhängig von der Art des zu erschmelzenden Metalles, ob Rein-Aluminium oder Legierung, der Wahl des geeigneten Ausmauerungswerkstoffes zugewandt werden; je nachdem verwendet man Sonderschamotte, Sillimanit oder Magnesit.

Das Fassungsvermögen dieser Öfen kann zwischen 500 und 5000 kg betragen. In Ausnahmefällen hat man auch Öfen von größerem Fassungsvermögen. Entsprechend der Ofengröße bewegen sich die Heizleistungen etwa zwischen 50 und 650 kW. Im allgemeinen besteht das Bestreben, zur Erzielung hoher Schmelzleistungen im Rahmen der durch Strahlung übertragbaren Leistung eine möglichst hohe Anschlußleistung unterzubringen. Die Heizflächenbelastung ist dabei verschieden; sie beträgt durchschnittlich 30 kW/m^2. Unter Voraussetzung einer angestrengten Beschickungsweise mit dichtem Arbeitsgut kann in einem auf Betriebstemperatur von etwa 750 bis 800 °C befindlichen Ofen je m^2 Herdfläche eine Schmelzleistung von 70 bis 90 kg/h erzielt werden.

Die Wannenöfen sind im Betrieb sehr wirtschaftlich. Zum Einschmelzen von Aluminium und seinen Legierungen beträgt der Stromverbrauch im Mittel etwa 400 kWh/t eingesetztes Metall. Bei sachgemäßer Leitung des Schmelzens ist der Abbrand infolge der ruhigen und verhältnismäßig angriffslosen Ofenatmosphäre ziemlich gering; er beträgt meist nicht mehr als 0,5 bis 0,7 % des eingesetzten Metallgewichtes. Bei empfindlichen Legierungen, bei denen naturgemäß ein höherer Abbrand des leichter oxydierbaren Bestandteiles, wie z. B. Magnesium, auftritt, arbeitet man mit Abdecksalzen. Sie werden auf das Bad aufgestreut und schließen als schmelzflüssige Decke gegen die Ofenatmosphäre ab. Neben der Verhinderung des Abbrandes fällt ihr die Aufgabe zu, im Bad befindliche Oxyde aufzunehmen, den Gasgehalt der Schmelze herabzusetzen und das Anwachsen des Ofenherdes durch Ablagerung von Oxyden zu verhindern. Bei den gebräuchlichen Abdeckmitteln handelt es sich meist um Gemische von Chloriden und Fluoriden wechselnder Zusammensetzung. Die zugesetzten Mengen schwanken zwischen 1 und 5 %. Zum Schutze gegen die dabei entstehenden chlor- und fluorhaltigen Dämpfe werden die Öfen im Deckenteil nach außen gasdicht verschlossen, so daß die schädlichen Gase nicht in die Heizelementkammern eindringen können. Vielfach wird das Metall nach dem Ausgießen aus dem Ofen auch im Gießtiegel unter einer Haube chloriert.

Zu den Großschmelzöfen für Aluminiumlegierungen kann auch der Niederfrequenz-Induktionsofen gezählt werden, zumal man in letzter Zeit von den früher üblichen kleineren Öfen mit 100 bis 500 kg Inhalt zu größeren mit bis zu 2 000 kg Fassungsvermögen übergegangen ist. Sowohl in ihrem Aufbau als auch in der Betriebsweise sind sie von den zuvor besprochenen Wannenöfen grundverschieden. Ihr wesentliches Merkmal ist, daß das Metall in einzelnen oder in mehreren unter dem eigentlichen Ofenraum angeordneten U-rohrförmigen Schmelzrinnen durch induktive Beheizung geschmolzen wird. Von besonderer Bedeutung ist die Wahl eines geeigneten Ofenfutters. Für den Betrieb ist es wichtig, daß auch nach dem Ausgießen der Charge ein Sumpf in der Schmelzrinne zurückgelassen wird, damit der Ofen nach jeder neuen Beschickung sofort weiter betrieben und in den Ruhezeiten durch Heizen des Sumpfes warmgehalten werden kann. Die Schmelzrinnen müssen von Zeit zu Zeit durch geeignete Werkzeuge gereinigt werden, um die angesetzten Oxyde daraus zu entfernen. Zu den notwendigen Einrichtungen eines solchen Ofens gehören neben den üblichen Schaltgeräten ein Gebläse zum Kühlen der Ofentransformatorspulen, eine Kondensatorbatterie zum Verbessern der Phasenverschiebung sowie ein Stufentransformator zum Regeln der Heizleistung. Einschließlich des Strombedarfes zum Warmhalten des Ofens und Kühlen der Transformatorspulen kann zum Einschmelzen einer Tonne Aluminium, je nach Ofengröße, mit 480 bis 500 kWh gerechnet werden.

Abb. 2. Kippbarer Tiegel-Schmelzofen für Aluminium und Aluminiumlegierungen. Fassungsvermögen 100 kg, Heizleistung 35 kW.

Zum Schmelzen und Warmhalten kleinerer Mengen Aluminium, Magnesium und ihrer Legierungen hat besonders der widerstandsbeheizte Tiegelofen in feststehender und kippbarer Ausführung eine weit verbreitete Verwendung gefunden. Für Aluminium und seine Legierungen werden beide mit einem Fassungsvermögen von etwa 50 bis 200 kg und in Sonderfällen auch darüber ausgeführt. Je nach den vorliegenden Betriebsverhältnissen ist die Anwendung der einen oder anderen Bauart am Platze.

Sofern die feststehenden Tiegelöfen zum Schmelzen benutzt werden, ist man bestrebt, in ihnen hohe Heizleistungen unterzubringen, um eine möglichst große Schmelzleistung zu erzielen. So kann z. B. in einem solchen Ofen mit einer Heizleistung von 45 kW bei Verwendung eines Gußtiegels die Schmelzleistung 90 bis 100 kg/h betragen. Im wesentlichen gilt dies auch für die fast ausschließlich zum Schmelzen dienende, um die Gießschnauze kippbare Form des Tiegelofens, wie sie in Abb. 2 zu sehen ist. Bei ihr kann wie bei dem Wannenofen unmittelbar aus dem Ofen in davor angeordnete Formen gegossen werden. Gekippt wird je nach Ofengröße von Hand oder elektromotorisch.

Beide Ofenformen sind gewöhnlich so eingerichtet, daß sowohl Guß- als auch Graphittiegel eingesetzt werden können. Die jeweilige Verwendung, ob Guß- oder Graphit-

tiegel, hängt von den an die Reinheit des Aluminiums gestellten Bedingungen ab. Wo es durchführbar ist, wird man dem Gußtiegel wegen der besseren Wärmeübergangsverhältnisse den Vorzug geben. Er hat nämlich gegenüber dem Graphittiegel den Vorteil, daß sich seine Wärmeleitfähigkeit während der Verwendungsdauer fast nicht ändert, während beim Graphittiegel mit einer Verschlechterung des Wärmeüberganges um 20 % und mehr zu rechnen ist. Trotz dieses Nachteiles verwendet man Graphittiegel in den Fällen, wo die Beimengung von schädlichen Bestandteilen, wie z. B. Eisen, unbedingt vermieden werden muß. Seine im Verhältnis zum Gußtiegel kurze Verwendungsdauer wird durch eine außen aufgebrannte Glasur erhöht; in gleichem Maße trägt auch die ruhige und neutrale Heizraumatmosphäre des Elektroofens zur Erhöhung der Lebensdauer bei, so daß man gewöhnlich mit einer Verwendungsdauer dieser Tiegel von drei Arbeitswochen bei drei- bis viertäglichen Beschickungen, das sind insgesamt 60 bis 70 Beschickungen, rechnen kann. Neuerdings ist man zur Erhöhung der Lebensdauer von Graphittiegeln dazu übergegangen, diese auch während der Betriebspausen auf Temperatur zu halten, wodurch die Gebrauchsfähigkeit bei ziemlich gleicher Wärmedurchlässigkeit verdoppelt werden kann.

Beim Gußtiegel kann bei richtiger Behandlung und Auswahl der Rohstoffe demgegenüber eine höhere Lebensdauer erzielt werden. Bei siliziumhaltigen Legierungen ist jedoch eine rasche Zerstörung des Tiegels zu befürchten. Man verwendet daher bei solchen Legierungen einen Schutzanstrich, der das Metallbad durch eine dünne Zwischenschicht von der Tiegelwandung trennt und sie schützt. Als Schutzanstriche werden breiförmige Aufschlämmungen von Kaolin, Kryolith usw. verwendet. Bemerkenswert ist auch die Tatsache, daß sich Gußtiegel, die ohne Schutzanstrich benutzt werden, z. B. für Reinaluminium, schon nach kürzerem Gebrauch mit einer dünnen Aluminiumoxyd-Schutzhaut überziehen.

Die Tiegelöfen eignen sich sehr gut für Betriebe mit kleineren Durchsätzen, als Nachgießöfen für größere Blockgießereien, u. a. m. Sie haben zudem den Vorteil, daß man in ihnen bei Vorhandensein eines Schmelzsumpfes auch Abfälle ohne große Abbrandverluste einschmelzen kann; diese betragen nicht mehr als 0,6 %. Sie gestatten es auch, das Metallbad durch Behandeln mit entsprechenden Salzen einer Feinung zu unterwerfen. Je nach Betriebsweise und Ofenausnutzung kann mit einem Stromverbrauch für das Einschmelzen von 500 bis 600 kWh und für das Warmhalten mit 150 bis 250 kWh/t Aluminium gerechnet werden.

Beim Einschmelzen von Magnesium und seinen Legierungen werden ähnliche Ofenarten benutzt, jedoch sind sie in ihrem Aufbau den besonderen Schmelzbedingungen des Magnesiums angepaßt. Im Gegensatz zu den Tiegelöfen für Aluminium geht man bei denen für Magnesium mit dem Fassungsvermögen nicht über 50 kg hinaus, weil sich das Schmelzen dieses Metalls schwieriger gestaltet und sich die durchzuführenden Behandlungen bei einem geringeren Fassungsvermögen des Tiegels leichter vornehmen lassen. Da Magnesium oder Elektron im geschmolzenen Zustande kein Eisen aufnimmt, können gezogene oder geschweißte Flußstahltiegel geringer Wandstärke benutzt werden. Dies ist nicht nur für die Wärmeübertragung selbst, sondern auch für die Durchführung des Schmelzens von großem Vorteil, denn so ist es möglich, die notwendige rasche Überhitzung des Metalls nach dem Einschmelzen durchzuführen. Voraussetzung hierfür ist jedoch, die Heizleistung des Ofens so hoch wie möglich zu wählen.

Im Zusammenhang damit wird z. B. auf die Leistungsfähigkeit einer Ofenanlage hingewiesen, bei der Öfen mit je 50 kg Inhalt und mit je einer Heizleistung von 55 kW in Betrieb sind. Diese Öfen benötigen zum Einschmelzen, Feinen und Überhitzen bis 900 ° C für 50 kg 45 min. Auf diese Weise ist es möglich, einen solchen Ofen täglich bis zu zehnmal zu beschicken. Der Stromverbrauch je Tonne Gut ist um 30 bis 40 % höher als bei Aluminium. Als Warmhalteofen hat der kippbare Tiegelofen für Spritz- und Formguß weitgehende Anwendung gefunden, weil er allein die unbedingt notwendige und genaue Temperatureinhaltung gewährleistet. Abb. 3 zeigt einen solchen Ofen.

Eine besonders vielseitige Verwendungsmöglichkeit ist dem Elektroofen auf dem Gebiet der Warmbehandlung von Aluminium, Magnesium und deren Legierungen geboten; es fällt ihm dabei die Aufgabe zu, das in Block- oder Bolzenform vorliegende Metall vor der Weiterverarbeitung in bestimmte Formen auf die dazu erforderliche Verarbeitungstemperatur zu bringen oder Formteile durch eine Warmbehandlung zu veredeln. Selbstverständlich hat auch dieses Teilgebiet des Elektroofenbaues bis zum heutigen Stand eine gewisse Entwicklung durchmachen müssen. Die wichtigste Frage war dabei die der günstigsten Wärmeübertragung. Zunächst wurde die Wärme, wie es bei den Schwermetallen noch überwiegend geschieht, durch Strahlung übertragen. Diese Beheizungsart bringt jedoch gerade bei den Leichtmetallen, die infolge ihrer silberglänzenden und meist glatten Oberfläche einen sehr niedrigen Strahlungskoeffizienten haben, gewisse Nachteile mit sich. Um nämlich im Verhältnis zu anderen Metallen auf gleich kurze Anwärmezeiten zu gelangen, ist die Anwendung hoher Übertemperaturen über der gewünschten Guttemperatur notwendig. Dadurch ist ohne weiteres die Möglichkeit einer Überhitzung des Metalles, beim Magnesium und seinen Legierungen sogar die Gefahr der Entzündung gegeben. Anderseits muß bei Verzicht auf hohe Übertemperaturen die Anwärmezeit der Teile verhältnismäßig lang sein, um eine genügend gleichmäßige Durchwärmung des Gutes zu erreichen; d. h. bei gleichem Durchsatz müssen die Öfen entsprechend größer sein.

Abb. 3. Kippbarer Tiegelofen zum Warmhalten von Elektron, Fassungsvermögen 35 kg, Heizleistung 15 kW.

Für den Elektroofenbau war es deshalb ein großer Fortschritt, als sich immer mehr die Erkenntnis durchsetzte, daß das Umwälzen der Ofenatmosphäre eine wesentliche Verbesserung des Wärmeübergangs in den niederen Temperaturbereichen, wie sie durchweg für die Leichtmetalle in Frage kommen, mit sich bringt. Es darf wohl als bekannt vorausgesetzt werden, daß ein Leichtmetallteil unter gleichen Temperaturbedingungen bei An-

wendung der Luftumwälzung zwei- bis dreimal schneller angewärmt wird als bei der Wärmeübertragung durch Strahlung. Diesem Umstand ist es zuzuschreiben, daß heute bei der Wärmebehandlung von Leichtmetallen fast durchweg nur noch mit Umwälzung der Ofenatmosphäre gearbeitet wird.

Entsprechend den verschiedenen Arten der Warmbehandlungen lassen sich die Öfen einteilen in solche zum Anwärmen, Glühen, Vergüten und Altern. Auf die metallurgischen Vorgänge kann hier nicht näher eingegangen

Abb. 4. Muldenofen mit Luftumwälzung zur Warmbehandlung von Leichtmetallteilen, Heizleistung 150 kW.

werden, jedoch sind die in Frage kommenden Warmbehandlungstemperaturen erwähnenswert. Sie betragen beim Anwärmen von Teilen aus Aluminium und Aluminiumlegierungen 450 bis etwa 500 °C und für Magnesium und seine Legierungen etwa 350 bis 400 °C. Das Glühen wird, je nachdem es sich um das sogenannte Weichglühen oder um das Beseitigen von Spannungen in Guß- und Schmiedestücken usw. handelt, zwischen 300 und 450 °C, in manchen Fällen sogar auch darüber durchgeführt. Die Vergütung von Legierungen findet meist bei Temperaturen zwischen 480 und 550 °C statt, während die künstliche Alterung zwischen 120 und 170 °C vorgenommen wird.

Von der Art der Durchführung dieser verschiedenen Warmbehandlungen ist die Bauart der Öfen weitgehend abhängig. Wie allgemein in der Technik wäre es erwünscht, sie im Durchlaufverfahren durchführen zu können, um den Stromverbrauch auf einen Mindestwert zu bringen. Dies ist jedoch nicht in allen Fällen möglich, insbesondere nicht beim Vergüten und Altern. Die Ursache ist darin zu erblicken, daß diese Warmbehandlungen durch das erforderliche Hintereinanderschalten von verschiedenen Arbeitsstufen und vor allem durch die notwendig hohe Genauigkeit in der Temperatureinhaltung sowie mit Rücksicht auf die metallurgischen Erfordernisse nicht durchlaufend durchgeführt werden können. Auch das Anwärmen und Glühen kann nicht immer durchlaufend stattfinden, sei es aus betrieblichen oder wirtschaftlichen Gründen. Es sind deshalb eine große Anzahl von verschiedenen Ofenarten entwickelt worden, von denen in der Folge einige kurz besprochen werden sollen.

Die am häufigsten für absatzweises Arbeiten verwendete Ofenform ist der Kammerofen mit Luftumwälzung. Durch die Art und Form des Gutes ist sowohl der allgemeine Aufbau des Ofens als auch die Anordnung der Lüfter für die Umwälzung der Ofenatmosphäre in einer der drei Raumrichtungen bedingt. Diese Ofenart dient insbesondere zum Anwärmen und Zwischenglühen von Walzgut und Schmiedestücken, wie z. B. Blöcken, Platten, Drahtringen usw. Für die rasche und gleichmäßige Durchwärmung muß das Gut im Ofen möglichst locker gestapelt werden. Zu dem Zweck müssen die Ofeneinbauten und die Beschickungsmittel gut luftdurchlässig, z. B. durch Einbau von Rosten, ausgebildet sein. Die Beschickung wird mit Wagen, Gleitgestellen oder dgl. vorgenommen; zuweilen werden die Öfen im Boden auch mit Schlitzen zum Einsetzen des Gutes mit einer Beschickungsgabel versehen.

Bei der Durchführung der genannten Warmbehandlungen findet auch der Muldenofen vorteilhaft eine weitverbreitete Anwendung, so u. a. auch zum Glühen von Profilen, Stangen und Rohren. Der in Abb. 4 gezeigte Muldenofen mit Luftumwälzung wird seinen Abmessungen entsprechend zum Anwärmen von schweren Pressezipienten und großen, für die Weiterverarbeitung bestimmten Leichtmetallplatten benutzt. Beschickt wird er mit einem Kran. Besonders bemerkenswert ist die neuartige Lüfteranordnung, bei der der Lüftermotor freitragend an einer Ofenstirnseite angeflanscht und unmittelbar mit dem Lüfter gekuppelt ist; die Lüfterlagerung ist luftgekühlt.

Ein Ofen für absatzweisen Betrieb ist auch der Schachtofen mit Luftumwälzung. Bei zweckmäßiger Anordnung des Gutes und Ausführung der Beschickungsvorrichtung können darin Leichtmetallteile jeder Form warmbehandelt werden. Zum Erzielen einer geordneten Luftströmung ist gleichmittig im Ofenschacht ein Luftführungszylinder eingesetzt, der wegen der besseren Zugänglichkeit der Heizwiderstände meist herausnehmbar ist. Bei den neueren Ausführungen ist der Lüfter mit dem unmittelbar gekuppelten Antriebsmotor durchweg im Deckel eingebaut. Öfen mit kleinerem Schachtdurchmesser haben ausschwenkbaren Deckel, während bei Öfen von über 1000 mm lichtem Durchmesser der Deckel auf Schienen ausfahrbar ist, wie beispielsweise auf Abb. 5 zu sehen ist.

Abb. 5. Schachtofen mit Luftumwälzung zum Glühen von Leichtmetall-Drahtringen, Heizleistung 100 kW.

In den vorbeschriebenen Öfen ist der Stromverbrauch wegen der notwendigen Beschickungsvorrichtungen verhältnismäßig hoch. Um ihn herabzusetzen, benutzt man deshalb überall dort, wo der Durchsatz genügend groß ist, durchlaufend arbeitende Öfen, die meist ohne zusätzliche Beschickungshilfsmittel betrieben werden können. Ein bekanntes Beispiel ist der Block-Rollofen mit Luftumwälzung zum fortlaufenden Anwärmen von Leichtmetall-Rundbolzen. Diese rollen auf einer oder zwei übereinander angeordneten, schräggestellten Bahnen durch den Ofen und werden dabei durch die im Gegenstrom umgewälzte Luft angewärmt. Die Fortbewegung an Rundblöcken bereitet in solchen Öfen jedoch insofern Schwierigkeiten, als bei der Verarbeitung von nicht genau zylin-

drischem Werkstoff die Blöcke zum Querlaufen neigen oder aber am Ofenende zusammenkleben; diese Störungen können nur durch Stirren im Ofen mit Stangen und anderen Werkzeugen beseitigt werden. Solche Störungen treten bei dem in Abb. 6 gezeigten Block-Rollofen mit einer Drehkreuzfördereinrichtung nicht auf und machen ein zusätzliches Arbeiten im Ofen überflüssig, denn durch die

Abb. 6. Block-Rollofen mit Drehkreuzfördereinrichtung und Luftumwälzung.

von außerhalb des Ofens angetriebenen Drehförderkreuze werden die Blöcke in Entfernung voneinander gehalten und genau in Durchlaufrichtung ausgerichtet.

Zum fortlaufenden Anwärmen und Glühen von größeren sperrigen Leichtmetallteilen wird neben dem Durchlaufofen mit Schleppkettenförderung auch der Drehherdofen mit Luftumwälzung viel verwendet. Abb. 7 zeigt einen Ofen mit dreistöckigem Herd; jeder

Abb. 7. Drehherdofen mit Luftumwälzung zum Glühen von Leichtmetall-Gesenkschmiedeteilen, Heizleistung 120 kW.

Stock ist in mehrere durch Zwischenwände getrennte Zellen unterteilt und durch übereinander angeordnete Schwenktüren zugänglich. Die Luft strömt in radialer Richtung durch die einzelnen Stockwerke und bringt die darin liegenden Teile auf Temperatur. Der Ofen hat eine Heizleistung von 120 kW; stündlich können mit ihm etwa 400 bis 500 kg Schmiedestücke geglüht werden.

Als Durchlaufofen haben sich u. a. auch der Förderbandofen und der Turmförderofen mit Luftumwälzung im Betrieb eingeführt. Der letztgenannte Ofen wird besonders in solchen Fällen verwendet, wo es infolge Platzmangels unmöglich ist, Öfen mit waagerechter Ausdehnung aufzustellen. Beide Ofenausführungen werden in der Hauptsache zum Anwärmen und Glühen von Leichtmetall-Massenteilen verwendet.

Leichtmetalle können, soweit es sich nicht um Magnesium und seine Legierungen handelt, in zwei grundsätzlich verschiedenen Öfen vergütet werden. Die noch zum Teil gebräuchlichere Form ist der Salzbadofen. Er hat sich aus den mit Gas oder Öl befeuerten Öfen entwickelt. Veranlassung dazu hatten verschiedentlich vorgekommene Zerknalle gegeben, die durch örtliche Überhitzung und Wannendurchbrüche verursacht wurden. Bei den elektrisch beheizten Salzbadöfen wird diese Gefahr dadurch ausgeschaltet, daß die Beheizung, z. B. beim außenbeheizten Salzbadofen, nur in den Seitenwänden untergebracht ist und in mehrere, je nach Ofengröße getrennt geregelte Heizgruppen unterteilt wird. Dadurch wird jede schädliche Überhitzung des Bades vermieden. Zweckmäßigerweise regelt man bei diesen Öfen die in mehrere Gruppen unterteilte Heizleistung sowohl vom Bad als auch vom Heizraum aus. Um die Möglichkeit einer Überhitzung auszuschließen, wird in das Schmelzbad meistens noch eine Übertemperatur-Schutzeinrichtung eingebaut.

In neuerer Zeit hat sich neben der außenbeheizten Salzbadofentype auch eine solche mit Innenheizung gut eingeführt. Die Heizelemente sind dabei in bekannter nachgiebiger Anordnung in Heizrohren untergebracht. Mehrere solcher Rohre sind nebeneinander in einer Heizbatterie zusammengefaßt und werden mit einer Abdeckung aus gelochtem Blech in die Ofenwanne eingesetzt. Öfen dieser Ausführung werden heute ebenso wie die außenbeheizten Salzbadwannenöfen in jeder beliebigen Größe mit Heizgruppenunterteilung und für Leistungsregelung durch Stufentransformator gebaut. Die Vergütung wird in diesen Öfen so vorgenommen, daß das Gut in Gestellen in das Bad eingesetzt wird; dabei wird es infolge der großen Wärmeaufnahmefähigkeit des Schmelzbades stoßartig von Normaltemperatur auf die Vergütungstemperatur gebracht. Nach einer gewissen Konstanthaltezeit wird das Beschickungsgut in einem neben dem Ofen angeordneten Wasserbad abgeschreckt. Naturgemäß geht dabei immer eine gewisse Menge von Salz, das am Gut haften bleibt, verloren. Etwa noch zurückgebliebene Salzreste müssen durch Bürsten und Nachspülen entfernt werden.

Die Bestrebungen zur weiteren Vereinfachung der Vergütung haben dazu geführt, auch dafür in steigendem Maße den Luftumwälzungsofen zu verwenden. Er hat sich jedoch erst nach einer gewissen Vervollkommnung einführen können. Hauptbedingung ist vor allem das Erzielen einer hohen Temperaturgenauigkeit und -gleichmäßigkeit im Ofenraum. Diese läßt sich nur durch ein weitgehendes Unterteilen und entsprechend getrenntes Regeln der Luftwege sowie durch ein Verfeinern der Regelanlagen erreichen. Man kommt auf diese Weise tatsächlich an die im Salzbad erzielte Temperaturgenauigkeit heran; dagegen hat der Luftumwälzungsofen aber den Nachteil, daß er trotz Anwendung hoher Heizleistungen das Gut, insbesondere das dickwandige, nicht so rasch auf die Behandlungstemperatur zu bringen vermag. Glücklicherweise ist dies jedoch bei den meisten in Betracht kommenden Legierungen für die Vergütung von nicht so großer Bedeutung.

Das Wesen der Vergütung besteht nun darin, daß das Gut nach einem homogenisierenden Glühen zur Verfeinerung des Kristallgefüges sehr rasch unter die kritische Rekristallisationstemperatur abgekühlt bzw. abgeschreckt werden muß. Das Abschrecken findet gewöhnlich in einer in nächster Nähe des Ofens aufgestellten Abschreckeinrichtung oder in einem Wasserbad statt. Die hierfür erforderliche Umsetzung muß möglichst schnell erfolgen, wofür die verschiedensten Einrichtungen entwickelt wurden.

Die Durchführung der Vergütung im Luftumwälzungsofen ist nicht nur von der Form des Gutes, sondern bis zu einem gewissen Grad auch von der Ofenform abhängig. So werden z. B. Bleche meistens im Kammerofen warmbehandelt. Für die Beschickung dienen Wagen, in die die Bleche mit entsprechendem Abstand voneinander eingestellt werden, um eine möglichst gleichmäßige und allseitige Luftbespülung und schnelle Anwärmung zu erzielen. Die Erfahrung hat gezeigt, daß man z. B. bei einem Ofen mit einer Heizleistung von 250 kW und einer

Beschickung von etwa 20 Blechen in den Abmessungen 3500 × 1500 × 1 mm eine verhältnismäßig kurze Anheizzeit von etwa 20 min für eine Vergütungstemperatur von 520 °C erreichen kann. Da die anschließende Konstanthaltezeit in den meisten Fällen nicht über 30 min beträgt, so kann ganz allgemein mit einer Gesamtbeschickungszeit von etwa 45 bis 50 min gerechnet werden.

Rohre, Stangen und Profile werden häufig im Muldenofen ähnlich der auf Abb. 4 gezeigten Ausführung vergütet. Das hierfür erforderliche Beschickungsgestell wird mit dem Gut nach der Warmbehandlung durch eine Krananlage mit hoher Hub- und Verfahrgeschwindigkeit umgesetzt. Bei dem zuvor erwähnten Kammerofen erfolgt die Umsetzung in der Weise, daß das Gut mit dem Wagen in einen anschließend an den Ofen angeordneten Förderkorb gefahren und rasch in das darunter befindliche Wasserbad gesenkt wird. Diese Art der Umsetzung hat jedoch, wenn sie nicht genügend rasch geschieht, den Nachteil, daß sich das Gut bis zum Eintritt der Abschreckung abkühlen kann. Bei der auf Abb. 8 gezeigten Anlage wird dieser Nachteil dadurch vermieden, daß der ganze Ofen nach Abheben von dem feststehenden Unterteil mit der Bechickung über das unmittelbar daneben angeordnete Wasserbad gefahren und gesenkt wird. Der große Vorteil dieser Einrichtung besteht vor allem darin, daß die Umsetzung unabhängig von der Verfahrgeschwindigkeit in beliebiger Zeit vorgenommen und das Gut bis zur Abschreckung im Wasserbad genau auf der erforderlichen Warmbehandlungstemperatur gehalten werden kann.

BBC D 6265

Abb. 8. Leichtmetall-Blechvergütungsanlage mit Abschreckeinrichtung.

Neuerdings ist es auch gelungen, die Vergütung von Massenkleinteilen, wie z. B. von Leichtmetallschrauben und Schraubenrohlingen mit bestem Erfolg im Durchlaufverfahren in einem Trommelofen, wie er in Abb. 9 dargestellt ist, vorzunehmen. Die Durchlaufzeit beträgt je nach der Größe der Teile etwa 20 bis 30 min.

Abb. 9. Trommelofen zum durchlaufenden Vergüten von Leichtmetall-Kleinteilen, Heizleistung 30 kW.

Außer den beschriebenen Ausführungen gibt es noch andere Verfahren, die Vergütung, insbesondere das Umsetzen und Abschrecken vorzunehmen. Die Entwickelung auf diesem Gebiet ist noch nicht abgeschlossen, und es ist zu hoffen, daß auch hier noch weitere Fortschritte gemacht werden. Durch zweckentsprechende Ausführungen der Schaltanlage besteht auch die Möglichkeit, mit diesen Öfen die künstliche Alterung von vergüteten Teilen durchzuführen. Dadurch hat der Luftumwälzungsofen gegenüber den Salzbädern einen unbestreitbaren Vorteil.

Im Rahmen dieser Ausführungen war es selbstverständlich nicht möglich, auf bestimmte Einzelheiten einzugehen. Es konnten nur an Hand einiger Beispiele die Arbeitsverfahren und die zu ihrer Durchführung gebräuchlichen Ofenarten erläutert werden. Die Ausführungen haben jedoch gezeigt, daß der Elektroofen gerade auf dem Leichtmetallgebiet infolge seiner Anpassungsfähigkeit viele Verwendungsmöglichkeiten hat. Durch seine Anwendung ist sogar die Lösung mancher schwierigen Aufgabe erst möglich geworden.

Niederspannungs-Schütze für hohe Schaltzahlen.

Von **Herbert Franken VDE**, Köln.

DK 621.316.578.027.2

Der Bedarf an Geräten, die hohe stündliche Schaltzahlen von 1000 bis 2000 zulassen, ist auf vielen Gebieten stark gewachsen. Hierzu gehört insbesondere der Werkzeugmaschinenbau mit der einzeln angetriebenen Elektro-Arbeitsmaschine. Hatte man sich vor etwa 25 Jahren dazu entschlossen, im Interesse hoher Betriebssicherheit und geringer Wartungsansprüche das gesamte Gerät, Schaltmagnet und Schaltstücke unter Öl zu setzen und so eine Schmierung durchzuführen, so zeigte sich im letzten Jahrzehnt, daß unter Öl der Abbrand der Schaltstücke zu groß war und infolgedessen bei hohen Schaltzahlen die Schaltstücke zu oft ausgewechselt werden mußten. Man kehrte dann zu alten Gedanken zurück, nahm das Schütz aus dem Ölbad und besaß so wieder das Luftschütz. Mit dem Luftschütz hat man selbstverständlich die Lebensdauer der Kontaktstücke wieder heben können. Die Vorzüge hinsichtlich des mechanischen Verschleißes bei Ölschützen bleiben aber nach wie vor bestehen.

Langjährige Erfahrung auf dem Gebiet des Schützenschalterbaues führte die F. Klöckner K.G., Köln-Bayenthal, dazu, ein neues Gerät bis 60 A Dauertrom für hohe Schaltzahlen zu entwickeln, das in allen Teilen auf das zweckmäßigste durchgebildet ist. Die Frage „Luft oder Öl?“ wurde nicht grundsätzlich zugunsten der einen oder anderen Richtung entschieden, sondern jeder Teil des Gerätes erhielt die Schutzart, die ihm von Natur aus am zuträglichsten ist. Der Schaltmagnet und seine mechanischen Übertragungsglieder arbeiten im Ölbad. Die Reibung ist dadurch auf ein Mindestmaß herabgesetzt worden. Die Schaltstücke arbeiten in Luft und weisen somit

einen geringeren Verschleiß auf. Der eigentliche Kontaktapparat wird also vom Öl nicht durchspült. Die in Luft arbeitenden Schaltstücke besitzen keine Relativbewegung. Also mußten Stoffe verwandt werden, die nicht zur Oxydation neigen und deshalb eine hohe Lebensdauer aufweisen. Das ist in erster Linie das Silber. Die beweglichen Kontaktarme sind aus Leichtmetall, um Prellschläge zu verhüten. Die Bewältigung der Schaltleistung ist durch Zweifach-Unterbrechung je Pol möglich geworden. Außerdem befinden sich sämtliche Abschaltstellen in besonderen Kammern, die jedweden Querkurzschluß verhindern. Der beim Schalten abfallende Metallstaub wird in besonderen Hohlräumen aufgefangen. Das erforderliche Ölgewicht beträgt nur 0,2 kg. Das Öl umschließt lediglich die Spule. Zur besseren Wärmeabfuhr besitzt der Ölkasten Rippen. Der Ölverbrauch ist sehr gering, da nunmehr im Ölbad kein Schaltfeuer mehr entsteht. Im Ölbad befinden sich auch keine Metalle, die zur Bildung von Metallseifen Anlaß geben könnten. Eine Erneuerung des Öles ist praktisch wohl kaum mehr notwendig.

a Funkenkammer und Träger der festen Schaltstücke
b Magnet- und Brückenträger
c Ölraum mit Schaltmagnet
5 Hilfsschalter
6 durchsichtige Abdeckplatten

Abb. 1. Niederspannungsschütz für hohe Schaltzahlen; Schaltstücke in Luft, Magnet in Öl.

Die Abb. 1 und 2 sollen den grundsätzlichen Aufbau des neuen Gerätes kennzeichnen. Es besteht aus drei Grundteilen: dem Magnetraum *c*, dem Zwischenstück *b*, in dem sich die Führung der bewegten Teile befindet und die Schaltbrücke mit den beweglichen Schaltstücken liegt, und der Schlußplatte *a*, die die Kammern für die Lichtbogenentwicklung bildet und die feststehenden Kontakte trägt. Zwei Schrauben halten die Stücke *c* und *b* an der Platte *a*. Nach Lösen dieser Schrauben — die Leitungen bleiben dabei fest an der Platte *a* — sind *b* und *c* frei. Man kann nun die Schaltstücke der beweglichen Kontaktbrücke untersuchen und notfalls nach Lösen zweier weiterer Schrauben auch den Magneten zugänglich machen. Zur Abnahme des Ankers ist lediglich eine Schraube *2* zu lösen. Dann läßt sich die Schaltbrücke *3* mit den beweglichen Schaltstücken *4* nach oben abziehen. Nachdem man ein Querstück herausgezogen hat, ist der Magnet ohne weiteres zu entfernen. Die Überprüfung des Schützes ist somit auf die denkbar einfachste Weise möglich, die Zahl der zu lösenden Schrauben außerordentlich gering. Die obere Abdeckplatte mit den Leitungen bleibt an den Leitungen selbst hängen. Das Lösen der Leitungen ist in den seltensten Fällen notwendig. Die obere Abdeckplatte (*a*), in der sich auch die Lichtbögen bilden, besteht aus Hartsteinzeug, das Zwischenstück *b* und der Öltopf aus Kunstharzpreßstoff mit Faserstoffeinlagen, also einem Stoff hoher Festigkeit. Die Hilfsschalter *5* zeichnen sich durch verhältnismäßig große Abmessungen aus. Sie sind je mit einer durchsichtigen Platte *6* abgedeckt.

2 Halteschraube 3 Schaltbrücke 4 Schaltstücke

Abb. 2. Aufgedecktes Niederspannungsschütz.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß das Gerät für jedes Element die günstigste Form auswählt. Es verwendet Öl da, wo es besonders vorteilhaft ist. An den Stellen, wo es Nachteile in sich trägt, wird Öl vermieden. Die Schaltstücke sind aus oxydationsfreiem Stoff ausgeführt. Die Demontage zum Zwecke der Nachprüfung ist denkbar einfach, die Schaltleistung hoch, da die Phasen gut voneinander getrennt sind und die Unterbrechung je Pol zweiphasig erfolgt. Ohne Stromlast dürfte bei Nennspannung der Spule mit einer Lebensdauer von mindestens 15 Mill Schaltungen zu rechnen sein, beim Ein- und Ausschalten eines 5 kW-Motors, Einschaltstrom $5\,I_n$, 380 V, 2 Mill Schaltungen bis zur Erneuerung der Schaltstücke. — Zum Steuern solcher Schütze wurden gleichzeitig Walzenschalter entwickelt, die eine mechanische Lebensdauer von rd. 2 Mill Schaltungen besitzen.

Der elektrische Widerstandsofen für Fließbetrieb zum Arbeiten mit Schutzgas.

Von Gerh. Simon, Berlin.

DK 621.365.413

Mit der vermehrten Anwendung der elektrischen Fließöfen zur Warmbehandlung von Massengütern trat die Notwendigkeit ein, auch diese Öfen für Schutzgasbetrieb weiterzuentwickeln. Diese Entwicklung der Fließöfen stellte nicht nur ofenbautechnische Aufgaben, sondern es waren viel schwierigere Schutzgasfragen zu lösen, da die bisher allgemein in den gasdichten Öfen für Standbetrieb verwendeten Schutzgase, vor allem der Wasserstoff, aus technischen und wirtschaftlichen Gründen von vornherein ausschieden. Bevor deshalb einige bemerkenswerte Fließofenarten für Schutzgasbetrieb kurz beschrieben werden, müssen einige Ausführungen über die für diese Öfen geeigneten Schutzgase gemacht werden.

Da die meisten Fließofenarten infolge ihrer Arbeitsweise oder wegen des durchzuführenden thermischen Prozesses oder der Art der Werkstücke nicht oder nur begrenzt unter Aufwendung teurer und komplizierter Einrichtungen gasdicht gebaut werden können, müssen die hierfür verwendeten Schutzgase neben ihrer technischen und metallurgischen Eignung vor allem billig und praktisch nicht explosibel sein. Ein Schutzgas, das diesen Anforderungen entspricht und daher heute in großem Maße angewendet wird, erhält man durch eine geregelte partielle Verbrennung von Leuchtgas, Generatorgas oder Propan in einer Einrichtung, wie sie Abb. 1 zeigt. Diese Schutzgaserzeugungsanlage besteht im wesentlichen aus

der Gasmischpumpe mit Antriebsmotor, die ein konstantes einstellbares Gas-Luftgemisch ansaugt, der Verbrennungskammer mit Kontaktmasse, dem Gasrückkühler mit Wasserabscheider und den verschiedenen Meß- und Kontrollgeräten. Das in dieser Anlage erzeugte Schutzgas besteht aus Stickstoff, Wasserstoff und Kohlenoxyden, deren prozentualer Anteil sich nach dem Grad der Verbrennung bzw. dem Mischungsverhältnis Gas zu Luft richtet. Eine vollkommene Verbrennung des Gases ist bei Verwendung im Fließofen nicht erwünscht, da die brennbaren Bestandteile, insbesondere der Wasserstoff, oxydierte Werkstoffe reduzieren und ihnen damit eine blanke Oberfläche geben und anderseits auch den gegebenenfalls in den Ofen eintretenden Luftsauerstoff verbrennen und unschädlich für das Glühgut machen. Die abgebildete Schutzgasanlage läßt die Verbrennung in weiten Grenzen regeln, so daß das erzeugte Schutzgas in seiner Zusammensetzung den verschiedensten Werkstoffen und Ofenarten angepaßt werden kann. So verwendet man z. B. im Fließofen zum Blank- oder zunderfreien Glühen von Eisen und Stahl ein Schutzgas mit einem Wasserstoffgehalt von 10 bis 15 %, während man für das Blankglühen von Kupfer die Verbrennung bis zu einem Wasserstoffgehalt von etwa 3 % durchführt. Der bei der Verbrennung des Wasserstoffes des Ausgangsgases der Schutzgaserzeugung entstehende Wasserdampf wird durch Rückkühlung des Gases zum größten Teil ausgeschieden, eine weitergehende Trocknung des Gases, die notwendig sein kann, läßt sich durch Anwendung von Absorptionstrockeneinrichtungen (Silikagel-Trockner) erreichen. Bei Verwendung von Leucht- oder Generatorgas muß noch ein etwa vorhandener Schwefelgehalt beachtet werden, wobei jedoch nicht nur die absolute Höhe des Schwefelgehaltes seine Schädlichkeit bestimmt, sondern auch der Werkstoff des Glühgutes und die Ofenbauart. Eine Entfernung noch im Schutzgas vorhandener Schwefelverbindungen ist heute mit verhältnismäßig einfachen Einrichtungen möglich.

Abb. 1. Schutzgaserzeuger für Leuchtgas von 60 m³/h Ansaugleistung.

Abb. 2. Schutzgaserzeuger für partielle Verbrennung von Ammoniak.

1 Luftzufuhr
2 Ammoniakzufuhr
3 Mischkammer
4 Kontaktraum
5 Brennkammer
6 Stutzen für Gasrückführung
7 Gasrückkühler
8 Wasserabscheider

Die im Schutzgas vorhandene Kohlensäure wirkt jedoch noch oxydierend auf die mit Chrom legierten Stähle, insbesondere die Chrom-Molybdän- und nichtrostenden Stähle, ebenso kann sie eine entkohlende Wirkung bei Kohlenstoffstählen haben. Beide Einwirkungen hängen selbstverständlich mit ab von der Höhe der Glühtemperatur und der Dauer der Glühung. Die entkohlende Wirkung des Schutzgases kann man durch Beimischen einiger Prozente unverbrannten Leuchtgases oder Propans ausschließen, jedoch ist dann durch Zersetzung der Kohlenwasserstoffe mit einer gewissen Rußabscheidung im Ofen zu rechnen, d. h. eine völlig blanke Oberfläche des Glühgutes wird nicht mehr erreicht. Die zweite Möglichkeit, die Einwirkung der Kohlensäure auf das Glühgut auszuschließen, besteht in ihrer Entfernung aus dem Schutzgas durch Herauswaschen. Das ist technisch durchführbar, jedoch wird dadurch das Gasgleichgewicht, in dem sich die Bestandteile des Schutzgases befinden, empfindlich gestört. Unter katalytischer Mitwirkung des Glühgutes wird erneut im Ofen das Gleichgewicht wieder eingestellt, d. h. es bildet sich wieder Kohlensäure. Diese Gasreaktion hat zur Folge, daß die metallische Oberfläche des Glühgutes stark aufgerauht wird; sie bleibt allerdings blank. Diese Aufrauhung ist jedoch in keinem Fall erwünscht, so daß eine Entfernung der Kohlensäure aus den durch partielle Verbrennung von Leuchtgas oder Propan erzeugten Schutzgas nicht empfehlenswert ist, vielmehr verwendet man deshalb in diesen Fällen von vornherein ein kohlensäurefreies Schutzgas, wie es durch partielle Verbrennung von Ammoniak hergestellt werden kann.

Abb. 3. Schüttelrutschenofen mit Wärmerückgewinnung zum Blankglühen.

Das durch Aufspalten von Ammoniak gewonnene Schutzgas, das aus 75 % Wasserstoff und 25 % Stickstoff besteht, scheidet wegen seines hohen Wasserstoffgehaltes für die Anwendung im Fließofen aus, dagegen gewinnt man durch eine anschließende geregelte partielle Verbrennung dieses Wasserstoff-Stickstoff-Gemisches ein für Fließöfen und für praktisch alle Metalle geeignetes Schutzgas. Eine Einrichtung, in der das Ammoniakgas gleich-

zeitig gespalten und unter Beimischung von Luft partiell verbrannt wird, zeigt in ihrem Aufbau die Abb. 2. Diese Schutzgasanlage ist denkbar einfach und betriebssicher; das darin hergestellte Schutzgas kann in den meisten Fällen ohne weiteres verwendet werden. Es kann jedoch ebenso wie das aus Leuchtgas gewonnene durch Silikagel-Trockner noch stärker getrocknet werden. Die abgebildete Ammoniak-Verbrennungsanlage läßt hinsichtlich des Wasserstoffgehaltes noch eine größere Änderung zu als die Leuchtgas-Schutzgasanlage, man kann in ihr Schutzgase mit einem Wasserstoffgehalt von 40 % bis praktisch 0 % erzeugen.

Wenn dieses so aus Ammoniak hergestellte Schutzgas technisch auch vorzüglich für den Fließofen geeignet ist, so scheidet es jedoch aus wirtschaftlichen Gründen bei einer Reihe von Ofenarten normaler Bauart aus, denn 1 m³ Ammoniak-Schutzgas mit 10 % H_2 kostet etwa das 2,5fache des Propan-Schutzgases und das 8- bis 10fache des Leuchtgas-Schutzgases, alles bezogen auf den gleichen Wasserstoffgehalt und unter Zugrundelegung der in Deutschland üblichen Preise für die Ausgangserzeugnisse. Da mit einer Änderung des Preisverhältnisses dieser Ausgangsgase nicht zu rechnen ist, kann eine Angleichung der Schutzgaskosten bei Verwendung von Ammoniak an die anderen Schutzgase nur erreicht werden, wenn der Schutzgasverbrauch selbst wesentlich gesenkt wird. Da dieses von ofenbautechnischer Seite nur begrenzt möglich ist, worauf eingangs hingewiesen wurde, muß man es durch Schutzgas-Rückgewinnung erreichen. Dieses Verfahren beruht darauf, daß das Schutzgas an den beiden Enden des Ofens abgesaugt und wieder der Schutzgasanlage zugeführt wird, in der es unter Beimischung einer bestimmten Menge neuen Wasserstoff-Stickstoff-Gemisches regeneriert wird. Je nach Ofenart kann man mit Schutzgas-Rückgewinnung den effektiven Schutzgasverbrauch bis auf den zehnten Teil des Verbrauches ohne Rückgewinnung senken. Die Anschaffungskosten für Schutzgasanlage und auch Ofen werden allerdings höher, jedoch spielen sie gegenüber den erzielbaren Einsparungen an Schutzgaskosten keine Rolle. Das Schutzgas-Rückgewinnungsverfahren macht das Ammoniak in den meisten Fällen erst beim Fließofen anwendbar und gibt damit die Möglichkeit, auch solche Werkstoffe im elektrischen Fließofen blankzuglühen, für die Leuchtgas und Propan ungeeignet sind.

Zum Glühen unter Schutzgas werden heute schon die verschiedensten Fließofenarten angewendet, da bei richtiger Wahl der Schutzgaszusammensetzung und entsprechender Ofenauslegung die Frage der Abdichtung keine oder nur eine untergeordnete Bedeutung in technischer Hinsicht hat, dagegen selbstverständlich die Höhe des Schutzgasverbrauches und damit die Wirtschaftlichkeit bestimmt. Man wird deshalb ofenbautechnisch immer bestrebt sein müssen, die Öfen so weit wie möglich abzudichten. Einfach gelagert in dieser Hinsicht sind die Öfen, in denen der Werkstoff des Glühgutes einen Flüssigkeitsabschluß anwenden läßt, ebenso kann man eine praktisch vollkommene Abdichtung dann erreichen, wenn gasdichte Beschickungseinrichtungen benutzt werden können, wie z. B. beim Glühen von kleinen Massenartikeln. Abb. 3 zeigt einen Schüttelrutschenofen mit Wärmerückgewinnung und gasdichter Beschickungseinrichtung zum Blankglühen kleiner Ziehteile. Das Glühgut tritt unter Wasser aus. Band- und Drahtdurchziehöfen können gleichfalls praktisch vollständig gasdicht ausgeführt werden, da die Art des Glühgutes nur einen geringen Ofenquerschnitt erfordert.

Abb. 4. Stoßofen zum Blankglühen.

Anders liegen jedoch die Verhältnisse bei den heute viel angewendeten Stoß- und Förderbandöfen. Während die erste Ofenart infolge ihrer periodischen Arbeitsweise während des größten Teiles der Betriebszeit einen Abschluß des Glühraumes nach außen ermöglicht, muß infolge des stetigen Laufes des Bandes im Förderbandofen teilweise auf jeden Abschluß der Glühkammer verzichtet werden. Trotzdem ermöglichen beide Ofenarten nicht nur ein sog. zunderfreies, sondern ein absolutes Blankglühen, wie zahlreiche in Betrieb befindliche Öfen gezeigt haben. Bei dem in Abb. 4 dargestellten Ofen handelt es sich um einen großen Stoßofen von insgesamt 26 m Länge mit einem Nutzquerschnitt von 800 × 500 mm. Der Ofen besteht aus Glüh- und Abkühlkammer und wird entweder mit 700° oder 950° betrieben. Die Abdichtung der Glüh- und Abkühlkammer nach außen wird bei diesem Ofen durch sog. Schleußen erreicht. Durch diese Schleußen wird verhindert, daß der Nutzraum jemals direkt mit der Außenluft in Verbindung steht, da das Arbeitsspiel der Doppeltüren an jeder Stirnseite des Ofens entsprechend eingestellt ist. Anderseits läßt das selbsttätige periodische Öffnen und Schließen der Türen eine besondere Anpressung zur Verbesserung des Abschlusses nicht zu. Dieser Ofen wird mit Schutzgas betrieben, das aus Leuchtgas in einer in Abb. 1 gezeigten Anlage hergestellt wird. Das

Abb. 5. Förderbandofen zum Hartlöten mit Kupfer unter Schutzgas.

Schutzgas wird nur durch Rückkühlung getrocknet, es wird jedoch zusätzlich entschwefelt. Der Ofen liefert ein Glühgut, das sich ohne weitere Reinigung ziehen läßt, d. h. die Oberfläche ist praktisch blank.

Als letztes Beispiel eines Schutzgas-Fließofens sei noch ein Förderbandofen erwähnt, der weder an der Einnoch Austrittsseite einen Abschluß besitzt, Abb. 5. Dieser Ofen dient vornehmlich zum Hartlöten kleiner Maschinenteile mit Kupfer. Trotz der dazu erforderlichen hohen Betriebstemperatur von 1150 ° ist er mit metallischen Heizwiderständen ausgerüstet; das Förderband selbst ist aus Chromnickel und durchläuft Glüh- und Abkühlkammer. Die Werkstücke müssen bei diesem Ofen von Hand auf das Band gelegt und zum Teil auch heruntergenommen werden, das Band muß deshalb an beiden Seiten aus dem Ofen heraustreten. Der Ofen wird mit Leuchtgas-Schutzgas betrieben, das weder entschwefelt noch stark getrocknet wird. Die hartgelöteten Teile verlassen den Ofen vollständig blank, angelaufene Teile werden beim Durchlaufen des Ofens durch Reduktion der Oxydschicht blank, so daß auch eine einwandfreie Lötung erzielt wird. Erwähnt soll hier noch werden, daß der Schutzgasverbrauch dieses Ofens etwa 15 m^3/h beträgt, was einem Leuchtgasverbrauch von etwa 5 m^3 entspricht. Die hierdurch entstehenden Kosten sind wesentlich geringer als die durch Anwendung des Hartlötens an Stelle des Nietens oder Verstiftens erzielten Ersparnisse. Daß die Betriebskosten dieses Ofens gering sind, beweist auch noch die Tatsache, daß dieser Ofen zum reduzierenden Blankglühen angelaufener Werkstücke verwendet wird, die früher durch Beizen gesäubert wurden. In diesem Fall wird dem Schutzgas unverbranntes Leuchtgas beigemischt, um eine Entkohlung der Werkstücke zu verhindern.

Die vorstehenden Ausführungen geben einen zusammengedrängten Überblick über den heutigen Stand des Blankglühens im Fließofen. Wenn auch aus Raumgründen auf Einzelheiten nicht eingegangen werden konnte und die Ausführungen deshalb keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben können, so lassen sie doch erkennen, daß in den letzten Jahren auf diesem Gebiet der Elektrowärmetechnik wesentlich Fortschritte erzielt werden konnten und daß heute weder ofenbau- noch gastechnische Schwierigkeiten beim Blankglühen der meisten Werkstoffe im Fließofen bestehen und daß auch in wirtschaftlicher Hinsicht das Arbeiten mit Schutzgas im Fließofen durchaus möglich ist.

Eine neue konzentrische Steckvorrichtung.

Von G. Hensel VDE, Radevormwald/Rhld.

DK 621.316.541

Als das elektrotechnische Installationsmaterial noch in den Anfängen seiner Entwicklung begriffen war, spielten in den damals meist gebräuchlichen Gleichstromnetzen bei gewerblichen Stromverbrauchern Zentralsteckvorrichtungen eine wichtige Rolle. Ihr Vorteil der absoluten Polunverwechselbarkeit sowie die — nach damaligen Begriffen — robuste Form, bedingt durch den einfachen Aufbau der Kontaktteile, haben die Zentralsteckvorrichtung zu einem in dieser Zeit sehr beliebten Installationsteil gemacht. Die späteren Entwicklungen und technischen Verbesserungen der verschiedenen Steckvorrichtungssysteme haben sich in der Hauptsache das Zwei- und Mehrstiftsteckersystem zur Grundlage genommen, während die alte Zentralsteckvorrichtung kaum verbessert wurde. Merkwürdigerweise und auch bezeichnenderweise konnte sie sich aber bis auf den heutigen Tag behaupten, wenn auch ihre Anwendung nur noch auf solche Fälle beschränkt worden ist, wo ihre besondere Eigenart durch keine andere Steckvorrichtung vollgültig ersetzt werden kann.

Es ist darum durchaus verständlich, wenn der Konstrukteur elektrotechnischen Installationsmaterials sich neuerdings auch dieser alten Zentralsteckvorrichtung zugewandt hat mit einem Ergebnis, das nachstehend beschrieben sei, und zwar am Beispiel der von der Fa. Gustav Hensel, Radevormwald, gefundenen Lösung. Das zunächst ins Auge fallende an dieser Neukonstruktion ist die robuste Form von Steckdose und Stecker (Abb. 1). Die durch die konzentrische Form der Kontakte des Steckers ermöglichte kreisrunde Querschnittsform des Steckers gibt ihm die mechanische Festigkeit eines Rohres. Stecker- und Steckdosengehäuse sind aus Faser-Isolierpreßstoff hergestellt, so daß die Festigkeit der von Guß gleichkommt. Die Kontaktgabe zwischen Stecker und Steckdose wurde nach einem neuartigen Prinzip ausgestaltet. Um zu einer Kontaktgabe zu gelangen, die nicht unberechenbaren Änderungen der Eigenfederung von geschlitzten Stiften oder Hülsen unterworfen ist, wurden die Kontakte konisch ausgebildet, das heißt: ein konischer Stift einerseits greift in eine konische Hülse anderseits ein, wobei einer der beiden Teile, also Stift oder Hülse, unter Federdruck steht. Durch diese Anordnung ist stets eine großflächige und innige Berührung gewährleistet, auch dann, wenn sich die konzentrisch ineinander liegenden Kontaktteile ungleichmäßig oder auch überhaupt abnutzen (Abb. 2).

Beim Einführen des Steckers in die Steckdose greift zunächst je ein konischer Stift an Stecker und Steckdose in seine zugeordnete konische Hülse, und sobald Konus satt in Konus sitzt, werden die beiden der Steckdose zugeordneten Kontakte unter Federdruck axial, d. h. in der Einführungsrichtung des Steckers verschoben, bis der Steckerkörper auf dem Steckdosendeckel aufliegt. In dieser Stellung wird der Stecker durch eine Bajonettmutter auf der Steckdose festgehalten.

Abb. 1. Die neue Zentralsteckvorrichtung. Stecker in die Steckdose eingeführt.

Da Zentralsteckvorrichtungen fast ausnahmslos in Feuchtraumanlagen installiert werden, ist es ein sehr wesentliches Konstruktionsmerkmal, daß der neue Zentralstecker mit Hilfe der Bajonettmutter auf eine Gummidichtung der Steckdose gepreßt wird, wodurch die Innenteile der Steckvorrichtung zuverlässig nach außen abgedichtet werden. Diese Abdichtung wirkt insofern selbsttätig, als es unmöglich ist, die Steckvorrichtung in Betrieb zu nehmen, solange die Bajonettmutter nicht angezogen ist, denn die federnden Kontakte der Steckdose setzen zur Herstellung der Kontaktverbindung ein festes Widerlager am Stecker voraus. Beim Fehlen dieses Widerlagers wird der Stecker durch die Federkraft aus der Steckdose herausgestoßen. Sichere Kontaktgabe und Abdichtung sind also zwangsläufig miteinander verbunden.

Die Steckvorrichtung ist zweipolig ausgeführt. Von den beiden zusammenwirkenden Kontakten ist jeweils einer als Hülsen- und einer als Stiftteil ausgebildet. Ein

Isolierkragen trennt den Außenkontakt der Steckdose von dem konzentrisch hierzu angeordneten Mittelkontakt. Der Kragen greift beim Einführen des Steckers in diesen hinein, und zwar zwischen die auf die Länge des Isolierkragens freistehenden Kontakte des Steckers. Hierdurch ist erreicht worden, daß das Schließen und Öffnen der Kontakte in zwei voneinander getrennten Kammern erfolgt, was zur Folge hat, daß der Abreißfunken beim Lösen der Kontakte nicht als Lichtbogen zwischen den Polen stehen bleiben kann. Das gilt natürlich nur für den Leistungsbereich, für den die Steckvorrichtung gebaut ist. Die Abschaltnennleistung beträgt 15 A bei 250 V Gleichstrom bzw. 500 V Wechselstrom. Sie ist somit weitaus größer als die früherer Zentralsteckvorrichtungen.

Abb. 2. Aufbau der Zentralsteckvorrichtung.

Der vorstehend erwähnte hülsenförmige Isolierkragen hat aber auch noch eine weitere Aufgabe. Er verkleinert nämlich die von außen zugängliche Öffnung im Steckdosendekkel derart, daß die Kontaktteile der Steckdose einer zufälligen Berührung entzogen sind. Das gilt nicht nur für den Außenkontakt, sondern gleichermaßen auch für den Innenkontakt, so daß die Steckvorrichtung nicht nur in Einleiternetzen (Schiffsinstallationen, bei denen der Schiffskörper als Rückleiter dient), sondern mit gleicher Sicherheit auch in Zweileiternetzen verwendet werden kann. Selbstverständlich ist der Berührungsschutz auch beim Einführen des Steckers gewahrt. Zweckmäßig angeordnete Anschlußklemmen an Stecker und Steckdose und eine Schelle, die das Kabel am Stecker vom Zug entlastet, gehören ebenfalls zum Selbstverständlichen.

Die Steckvorrichtung wird, wie schon zuvor gesagt, vornehmlich in feuchten Räumen Anwendung finden, in denen man die Zuleitung zur Steckdose in Feuchtraumkabel verlegt und für die Einführung des Kabels in die Steckdose Stopfbuchsen benutzt. Das Gehäuse der neuen Zentralsteckdose besitzt nun die Eigenart, daß die Stopfbuchse in Gestalt eines Anschraubstutzens an beliebiger Stelle an den Wänden oder auch am Boden des Gehäuses angesetzt werden kann. Ebenso können mehrere Stutzen gleichzeitig angebracht werden, so daß es möglich ist, mehrere Steckdosen in einem durchgehenden Kabelstrang anzuordnen. Für diesen Fall besitzen die Steckdosen die erforderlichen Abzweigklemmen.

Abb. 3. Zentralsteckdose mit angebautem Vergußtrichter für Erdkabel.

Will man Erdkabel als Zuleitung verlegen, so wird das Steckdosengehäuse mit einem Kabelvergußtrichter ausgerüstet (Abb. 3). Die Kabeladern des Erdkabels können dann bis an die Anschlußklemmen der Steckdose geführt werden.

Die Zentralsteckvorrichtung wird auch von der Fa. Albrecht Jung, Schalksmühle i. W., hergestellt.

Zur Frage des Werkstoffaustausches beim Bau elektrischer Leuchten.

Von **Werner A. Seelig**, Berlin.

DK 628.94 : 620.2

Als traditionelle Baustoffe für elektrische Leuchten technischer Zweckbestimmung galten bis vor kurzer Zeit: Glas in Verbindung mit Messing-Haltevorrichtungen für die Beleuchtung von Innenräumen, soweit sie Anspruch auf architektonische Wirkung macht, und Eisen in Form von Blechen oder Guß für Innenräume, die rein zweckbestimmt ausgerüstet werden sollten, also beispielsweise Werkstätten aller Art.

Im Zuge der Überprüfung der Baustoffe hinsichtlich der Austauschmöglichkeiten gegen deutsche Werkstoffe wurde vor etwa zwei Jahren zuerst die Frage des Messingaustausches wichtig, da es kurze Zeit den Anschein hatte, als ob Messing für derartige Herstellungsgebiete nicht in ausreichender Menge zur Verfügung gestellt werden könnte. Die Austauschmöglichkeiten waren hier verhältnismäßig einfach, indem man ohne Änderung der Bearbeitungsart — auch ohne Änderung der Formen und unter Beibehaltung gewohnter Färbungen — Messing einfach gegen Leichtmetall-Legierungen austauschen konnte. Die zunächst bestehenden Bedenken bezüglich der Form- und Farbbeständigkeit des neuen Werkstoffes waren bei richtiger Auswahl der Legierung und entsprechender Farbbehandlung schon nach den ersten Versuchen behoben. Die praktischen Ergebnisse haben bewiesen, daß sowohl blank- als auch mattgefärbte Leichtmetallteile in ihrer Formbeständigkeit den früheren vernickelten Messingteilen durchaus nicht nachstehen und daß ihre Farbbeständigkeit durch Verwendung eines Luftlackes ausreichend gesichert werden konnte. Irgendwelche Schwierigkeiten haben sich infolgedessen weder technisch noch verkaufsmäßig aus dieser Umstellung ergeben.

Im Laufe der Entwicklung ist man auf diesem Gebiete durch die Verwendung galvanischer Oberflächenbehandlung auch bezüglich der Färbung noch einen Schritt weitergekommen, so daß es jetzt beispielsweise möglich ist, auch aus rein deutschen Werkstoffen eine Leuchtenserie in verschiedenen Farbtönungen — wie beispielsweise mattsilber, mattgold und braun — auf den Markt zu bringen. Die in Abb. 1 dargestellte neue Leuchtenform einer Tischleuchte mit gleichzeitiger Raumaufhellung (AEG-Raumlicht) wird in beschriebenem Sinne in drei verschiedenen Färbungen geliefert.

Neben dem Messing und seinen verschiedenen Färbungen war auf dem Gebiet der Tischbeleuchtung, soweit es

sich um Büro- und ähnliche Räume handelte, noch die Frage des Austausches von Beschwerungsstoffen zu lösen. Während man gewohnheitsmäßig Beschwerungseinlagen aus Schrott oder Gußeisen verwendete, konnte ein Austausch ohne Aufbauschwierigkeiten durch Einführung von Kunststeinbeschwerung durchgeführt werden. Bei sachgemäßer Verarbeitung gewährt die neue Beschwerungsmasse gleiche Betriebssicherheit und Lebensdauer, wie die aus früheren Werkstoffen.

Für rein dekorative Leuchten hat man neuerdings außer Leichtmetall auch noch andere Werkstoffe verarbeitet. Beispielsweise: Holz, Bambusrohr, keramische und Glaskörper in verschiedensten Ausführungen.

Abb. 1. Tischleuchte aus Leichtmetall mit Kunststeinbeschwerung.

Für Zwecke der Werkraumbeleuchtung dagegen fiel die Umstellung des gewohnten Eisens auf andere Stoffe verhältnismäßig schwer. Der naheliegende Austausch gegen Leichtmetall-Legierungen wurde lichttechnisch dadurch unzweckmäßig, weil die hohe Wirtschaftlichkeit der alteingeführten, innen weiß emaillierten Stahlblechleuchten auf dem Reflektionsgrad der weißen, mehrfach aufgetragenen Emaille beruhte. Das Reflektionsvermögen von chemisch reinem mattierten Aluminium ist zwar mit 55 bis 60 % noch einigermaßen gut, erreicht aber das Reflektionsvermögen von emailliertem Stahlblech mit 66 bis 80 % nicht. Dem Austausch stand dabei in erster Linie die Schwierigkeit entgegen, die Metallfläche dauernd auf einem zufriedenstellenden Reflektionsgrad zu erhalten, eine Forderung, die sich bei dem härteren und damit gegen Beschädigung beim Reinigen weniger empfindlichen Emailleüberzug leicht verwirklichen ließ. Die Verwendung hochglanzverarbeiteter Aluminiumflächen wäre vielleicht mit Hilfe des Eloxalverfahrens möglich gewesen, wenn auch hierdurch zunächst noch hohe Herstellungskosten entstehen würden. Die Anwendung von Nirostablechen hätte keine Verminderung des Eisenbedarfes mit sich gebracht. Glassilberspiegel konnten ganz allgemein nicht in Frage kommen, weil der Charakter diffuser Lichtstreuung aufrecht erhalten bleiben sollte.

Abb. 2. „Ganzisolierte" Werkraumleuchte aus Glas und Isolierstoff.

Nachdem man schon früher erkannt hatte, daß die gewohnheitsmäßige Formgebung für Betriebsraumleuchten als Tiefbreitstrahler ohne Lichtaussendung nach oben, wie sie durch die Verwendung von Stahlblechschirmen gegeben war, durchaus nicht immer die besten lichttechnischen Ergebnisse brachte, war es eigentlich naheliegend, gleich die Verwendung von lichtdurchlässigen Baustoffen ins Auge zu fassen. In erster Linie kam hier natürlich Glas in Frage. Die zunächst auftretenden Bedenken gegen diesen Werkstoff, nämlich die geringere mechanische Widerstandsfähigkeit, konnte für die Mehrzahl der Fälle zurückgestellt werden, weil nach der Anbringung die Gefahr mechanischer Beschädigungen — insbesondere in höheren Werkräumen — nur gering ist. Für diesen Werkstoff sprach in erster Linie seine elektrische Betriebssicherheit, durch die eine zusätzliche Isolation und damit ein Schutz gegen elektrische Betriebsunfälle erreicht wurde.

Für die Befestigungsvorrichtung wurden in Ergänzung der Isolationsverbesserung nichtleitende Baustoffe verwendet, weshalb die in Abb. 2 gezeigte Leuchte mit Recht als „ganzisoliert" bezeichnet werden kann. Selbstverständlich ist das Anwendungsgebiet dieser aus Sonderopalglas bestehenden Leuchten auf die Fälle beschränkt, in denen nicht mit einem übermäßig rauhen Betrieb gerechnet werden muß. Die Leuchten können bei gleicher äußerer Form zwei verschiedene Lichtverteilungsarten erhalten: einmal eine vorwiegend direkte Lichtverteilung, wenn ein Teil des Lichtstromes der Glühlampe nach oben durch das Opalglas tritt; eine tiefstrahlende Lichtverteilung dann, wenn durch Farbbehandlung der Leuchte der gesamte Lichtstrom nach unten gerichtet wird. Der Reflektionsgrad ist übrigens mit etwa 75 % praktisch dem der Emailleleuchten gleich.

Abb. 3. Mischleuchte für feuchte und rauhe Betriebe aus Leichtmetall-Guß.

Überall dort, wo man nun mit starken mechanischen Gefahren für die Leuchten rechnen mußte oder wo durch geschlossene Formen ein besonderer Schutz gegen Feuchtigkeits- oder sonstige Einflüsse geschaffen werden mußte, bot sich als Austauschstoff für das früher verwendete Gußeisen eine Leichtmetall-Legierung, die sich sogar in den gleichen Formen verarbeiten läßt, die man für gußeiserne Leuchten verwendete. Abb. 3 zeigt eine solche Mischlicht-Gußleuchte für rauhe Betriebsbedingungen, die aus Siluminguß hergestellt wird. Sowohl beleuchtungstechnisch als auch wirtschaftlich stellen diese aus neuen Baustoffen hergestellten Leuchten sich gleichwertig an die Seite der früheren Ausführungen, ungeachtet der beispielsweise durch die verbesserte Isolation gegebenen Betriebsvorteile.

Eine Betrachtung über den Austausch von Leuchtenbaustoffen wäre unvollständig, wenn man die Frage des Austausches der Lichtquellen nicht erwähnen würde. So

groß auch die Fortschritte in der Glühlampenherstellung im Laufe der letzten Jahre gewesen sind, so ist doch immer noch der durch die Wärmeerzeugung auftretende Energieverlust außerordentlich hoch. Infolgedessen ist der Wunsch lebendig, auch hier zu einer Verbesserung der Energieausnutzung zu kommen. Der gegebene Weg ist die immer fortschreitende Anwendung der Metalldampflampen. Die in Abb. 3 gezeigte Gußleuchte ist z. B. für die Verwendung von Metalldampflampen vorgesehen. Das Gehäuse enthält die notwendige Drosselspule, die den Unterschied zwischen Zünd- und Brennspannung der Lampe möglichst verlustarm aufnimmt. Die Anordnung von zwei Fassungen gewährt die Möglichkeit, neben der Metalldampflampe eine Glühlampe zu betreiben und auf diese Weise durch die Mischung bläulich weißen Metalldampflampenlichtes und rötlich gelben Glühlampenlichtes eine Farbwirkung zu erzielen, die dem Tageslicht sehr nahe kommt.

Die Verstärker in der elektrischen Meßtechnik.

Von **Manfred Schleicher VDE** und **Wilhelm Thal VDE**, Berlin.

DK 621.317.7

Bei der Betrachtung der Fortschritte der Meßtechnik in der letzten Zeit fällt es auf, daß in immer weitergehendem Maße von verschiedenartigen Einrichtungen Gebrauch gemacht wird, die man infolge ihrer Arbeitsweise als Verstärker ansprechen muß. Es soll daher einmal über diese Einrichtungen an Beispielen von S. u. H. zusammenfassend berichtet werden, da sie gleichzeitig einen Überblick über die Entwicklung der Meßtechnik der letzten Zeit gestatten.

Die elektrische Meßtechnik steht immer häufiger vor der Aufgabe, irgendwelche physikalischen Vorgänge der Messung zugänglich zu machen, die nur geringe Mengen elektrischer Energie zur Verfügung stellen, und hat nun die Aufgabe, für industrielle Zwecke damit robuste Meßgeräte, Registriergeräte, Großanzeigeinstrumente und auch Regelvorgänge zu betreiben.

In solchen Fällen ist es meist nötig, über Verstärkungseinrichtungen zu verfügen, bei denen der Eingangs- und der Ausgangsstrom ständig in einem konstanten Verhältnis gehalten werden. Glücklicherweise haben die normalen Anzeigegeräte eine gewisse Trägheit, so daß von derartigen Verstärkern bezüglich ihrer Reaktionsgeschwindigkeit nicht zuviel verlangt werden muß. Ferner handelt es sich sehr häufig darum, Gleichströme zu verstärken. Man greift, um diese Aufgabe zu lösen, meist zu mechanisch-elektrischen Apparaten, die auf einen recht hohen Stand entwickelt worden sind. Es gibt aber auch in der Meßtechnik eine Reihe von Fällen, wo es sich darum handelt, Wechselstromvorgänge zu verstärken, und wobei lediglich eine Empfindlichkeitssteigerung verlangt wird, z. B. bei Nullinstrumenten, für Brücken und Kompensationsschaltungen, oder es gibt auch Fälle, in denen es nicht allzu lästig empfunden wird, wenn man das Gerät kurz vor Gebrauch eichen muß, um eine genauere Messung durchführen zu können. Hier ist der Röhrenverstärker am Platze, und seine in anderer Richtung besonders guten Eigenschaften können bei derartigen Geräten voll ausgenutzt werden.

U_x zu messende Spannung
Rn Normalwiderstand

Abb. 1. Schaltung des lichtelektrischen Verstärkers (schematisch.)

Zunächst seien die mechanisch-elektrischen Gleichstrom-Meßverstärker behandelt. Eine sehr erfolgreiche Stufe der Entwicklung wird durch den lichtelektrischen Verstärker verkörpert. Er gehört zu jener Gruppe, die bei kleinster Eingangsleistung noch sehr viel Endenergie liefern. In Abb. 1 ist der grundsätzliche Aufbau eines solchen Verstärkers gezeigt. Die Gleichstromenergie (Spannung U_x) wird einem Gleichstrom-Meßwerk zugeführt. Der Lichtzeiger dieses Galvanometers erregt eine Photozelle, die am Gitter eines Rohres liegt. Der gesteuerte Anodenstrom speist das endgültige Anzeige-, Registrier- oder Regelgerät, und ein bestimmter Anteil dieses Anodenstromes wird zum Verstärkereingang zurückgeführt, um den Ausschlag des Indikators auf einen Ruhewert zu kompensieren. Man erkennt aus diesem Prinzip die Merkmale dieses Verstärkers. Die Meßgröße lenkt das System aus, der Anodenstrom fließt und bringt das Meßwerk wieder in die Ruhestellung zurück. Es ist leicht möglich gewesen, mit allerkleinsten Licht-

Abb. 2. Lichtelektrischer Verstärker mit Netzanschlußgerät und Tintenschreiber.

wegen auszukommen. Damit nun das im Anodenstromkreis liegende Hauptinstrument nicht den kleinsten Regelschwankungen dieser hochempfindlichen Anordnung folgt, muß gefordert werden, daß die Einstellzeit des Primärsystems immer kürzer wird als die Einstellzeit des Hauptinstrumentes. Der Eigenverbrauch ist außerordentlich gering, theoretisch sogar Null, da im Eingangskreis wegen der Kompensation kein Strom fließt. Die Eigenschaften der Röhre und der Photozelle sowie der Hilfsspannungsquelle gehen nicht ein. Es ist an anderer Stelle untersucht und beschrieben worden, bis zu welchem praktischen Grenzwert man sich dem theoretischen Eigenverbrauch Null nähern kann und welches hierfür die Bedingungen sind[1]). Diese Verstärkerschaltung ist äußerst empfindlich und wird nur begrenzt durch die Ruhepunktunsicherheit des Gleichstromsystems. Es bietet praktisch keine Schwierigkeit, mit diesem Verfahren noch Ströme in der Größenordnung von 10^{-12} A anzuzeigen. Dann müssen nur Vorkehrungen getroffen werden, um die statistischen Schwankungen der Brownschen Molekularbewegung unwirksam zu machen, d. h. für das Anzeigeinstrument im Anodenkreis genügend lange Einstellzeiten zu wählen. Der Meßbereich ist begrenzt durch das Restdrehmoment des Systems, entstehend aus der Richtkraft der Aufhängung bzw. der Stromzuführung. Die Endleistung hängt von der Wahl der Verstärkerröhre ab und beträgt für eine Stufe und einseitigen Betrieb bis zu 15 W. Sollen Plus-Minus-Werte abgebildet werden, so sind Leistungen bis 0,6 W erreichbar, die natürlich weiterverstärkt werden können. Aus den Eigenschaften ergibt sich das Anwendungsgebiet in allen Fällen, wo die Empfindlichkeitsverstärkung mit einer verhältnismäßig großen Ausgangsleistung verbunden gefordert wird. Abb. 2 zeigt die lieferfertige Ausführungsform dieses Verstärkers, der von der Siemens & Halske AG. für Meßbereiche von 0,3 µA und 30 µV an aufwärts gebaut wird.

A Zeigerfahne
B_1, B_2 geheizte Widerstandswendel
D Drehspule
F Membran
M Erregermagnet
S Stromzeiger

Abb. 3. Wirkungsschema und Schaltung des Bolometerverstärkers.

Ist die Eingangsenergie größer, so sind die Voraussetzungen für die Anwendung des **Bolometerverstärkers** gegeben. Er hat den Vorteil, ohne Röhre zu arbeiten und nur kleinste räumliche Abmessungen zu beanspruchen. Abb. 3 zeigt das Prinzip und die Ausführungsform eines solchen Gerätes in Gestalt des Zwerg-Bolometers. Die Meßspannung steuert ein empfindliches Drehspulsystem *D*, an dessen Zeiger eine Fahne befestigt ist. Diese Fahne deckt in der Ruhelage zwei schmale Schlitze ab, über denen sich die geheizten Wendel einer Widerstandsbrücke befinden. Wird die Fahne ausgelenkt, so ändern sich die Brückenverhältnisse infolge der verschiedenen Abkühlung beider Wendel. Die Folge ist ein kräftiger Strom in der Brückendiagonale, der zur Arbeitsleistung in einem Instrument herangezogen werden kann. Das Restdrehmoment der Bolometerfahne in der Nullage bestimmt auch hier den Mindestmeßbereich; sie ist gegeben durch die Zuführung und durch die Richtwirkung des Luftstromes an den Kanten der Fahne. Auch hier wird mit Selbstkompensation gearbeitet, um die Einflußgrößen zu unterdrücken und die Endverstärkung von den Eigenschaften der Anordnung weitgehend unabhängig zu machen.

Der Bolometerverstärker ist ein besonders kennzeichnendes Beispiel dafür, daß es nicht möglich ist, eine Meßgröße ohne Anwendung des Kompensationsprinzips genau und betriebssicher zu verstärken. Die Einstellzeit des Bolometerverstärkers steht derjenigen des lichtelektrischen nicht nach. Die thermische Trägheit der Wendel ist in der Größenordnung von etwa 40 bis 50 ms, so daß die Einstellzeit auch hier durch das Galvanometer gegeben ist. Die Empfindlichkeit ist allerdings wesentlich geringer, da der körperliche Zeiger kürzer ist und zur Einleitung des Regelvorganges größere Wege zurücklegen muß als der Lichtzeiger. Die Ausgangsleistung des Bolometers ist begrenzt durch die Stromwärme, die man den Wendeln noch zumuten kann. Für das Gerät nach Abb. 3 beträgt die Ausgangsleistung 15 mW. Die Meßbereiche gehen von 40 µA und 3 mV an aufwärts. Es liegt nahe, den Versuch zu machen, die Leistung durch eine Bolometerkaskade zu erhöhen. Die dabei auftretenden Pendelschwingungen der Einzelbolometer untereinander bringen diesen Versuch aber zum Scheitern bzw. sie fordern ein Rückführungssystem, das sich praktisch kaum ausführen läßt. Das Anwendungsgebiet liegt vorwiegend bei den anzeigenden Instrumenten und bei Relaisschaltungen. In Abb. 4 ist ein tragbares Meßinstrument mit 24 Bereichen gezeigt, das durch die Zwischenschaltung eines Zwergbolometers zu einem Registriergerät wahlweise für alle 24 Bereiche gemacht wurde.

Abb. 4. Tintenschreiber mit Bolometer und Vielbereich-Instrument für 24 Meßbereiche.

Abb. 5. Schaltbild des selbstkompensierenden Audionverstärkers. (*B* Anzeige-Instrument, C_3 Beruhigungskondensator.)

[1]) L. Merz, Arch. Elektrotechn. 31 (1937) S. 1.

Die beiden vorgenannten Verstärker arbeiten mit Einstellzeiten, die sich weit unter einer Sekunde bewegen. Erscheint die Meßgröße in Gestalt von Impulsen irgendwelcher Art, so erfolgt durch den Verstärker keinerlei Glättung. Er gibt vielmehr infolge seiner großen Regelgeschwindigkeit den Impuls auf das Hauptinstrument durch. Es ist zwar möglich, die Einstellzeit dieser Instrumente so zu wählen, daß die gewünschte Integration erst hier, also nach der Verstärkung, erfolgt. Wünschenswert ist aber, die Mittelwertsbildung schon vor der Verstärkung durchzuführen. Solche Probleme liegen in der Fernmeßtechnik beim Impulsfrequenz-Verfahren vor. Die ankommende Meßenergie ist zwar nicht klein, sie reicht indessen nicht zum Betrieb der Registriergeräte aus. Ein Verstärker für diesen Zweck soll also mit der Verstärkung gleichzeitig eine Glättung der ankommenden Impulse übernehmen. Es hat sich gezeigt, daß keiner der beiden vorgenannten Verstärkerformen diese Aufgabe ganz befriedigend zu lösen vermag. Es wurde deswegen von Siemens & Halske ein besonders für solche Zwecke geeigneter Verstärker entwickelt, dessen Schaltung in Abb. 5 gezeigt ist[2]). Auch hier wird die zu messende Größe erst einem Galvanometer *D* zugeführt, an dessen Zeiger sich eine Metallfahne befindet. Durch diese Fahne wird der Kopplungsgrad zweier Spulen verändert, die im Anodenkreis und am Gitter eines Verstärkerrohres liegen. Selbstverständlich wird auch bei diesem Gerät vom Gedanken der Selbstkompensation Gebrauch gemacht. Zur Erzielung einer wirksamen Verstimmung sind im Vergleich zum lichtelektrischen und Bolometerverstärker relativ große Wege des Systems erforderlich. Auf diese Weise werden die zur Glättung bzw. Mittelwertsbildung erforderlichen Bedingungen geschaffen. In Abb. 6 ist dieser Verstärker in seiner Form als Meßwert-Umformer für die Fernmeßtechnik gezeigt. Die Meßgröße wirkt hierbei über ein zweites Meßwerk auf die Metallfahne. Der Ausschlag wird dann durch das Drehspulsystem im Anodenkreis kompensiert. Diese Form der Kompensation leitet dann über zu einer weiteren Verwendung der beschriebenen Verfahren.

Abb. 6. Audionverstärker in Verbindung mit Meßwert-Umformer.

Man ist keineswegs an die elektrische Auslenkung der Primärsysteme gebunden. In allen drei Fällen ist es möglich, auch kleinste Bewegungsgrößen, wie sie von mechanischen Meßgeräten geliefert werden, in elektrische Größen umzuformen. Ein Beispiel hierfür ist der in Abb. 7 gezeigte Mikrotaster mit Bolometerverstärker. Die Selbstkompensation wird hier auf dem Wege über die Drehmomentkompensation erreicht. Ein Teil der verstärkten Energie wird benutzt, um der durch die Bewegung des Taststiftes erzeugten Federspannung das Gleichgewicht zu halten. Das Gegendrehmoment wird von einem Drehspulsystem geliefert, an dessen Zeiger auch die Bolometerfahne befestigt ist.

Die bisher beschriebenen Verstärkergruppen vermögen den Bedürfnissen der Gleichstrom-Meßtechnik zu genügen, wenn die Einstellzeit keine ausschlaggebende Rolle spielt. Sollen die Vorgänge jedoch oszillographisch verfolgt werden oder soll die Einstellzeit extremen Bedingungen genügen, so wird immer wieder der Röhrenverstärker herangezogen werden müssen. Das Beispiel für eine solche Verstärkungsform ist der Verstärker für den Universal-Elektrokardiographen zur Aufnahme der Herzaktionsströme. Dieser Verstärker soll in seiner universellen Ausbildung sowohl für ganz tiefe Frequenzen wie auch zur oszillographischen Aufnahme niederfrequenter Wechselstromvorgänge geeignet sein. Da im vorliegenden Fall von dem Hilfsmittel der Kompensation kein Gebrauch

Abb. 7. Wirkungsschema und Schaltung der Bolometer-Meßlehre.

gemacht werden konnte, müssen vom Elektrokardiographen-Verstärker die Eigenschaften eines reinen Meßverstärkers gefordert werden, d. h. die Eingangsgröße soll in jeder Hinsicht getreu nach dem Ausgang hin verstärkt werden. Es muß hier allerdings zugegeben werden, daß die geforderte und für die Praxis auch völlig ausreichende Genauigkeit die Erfüllung dieser Bedingung nicht übermäßig schwierig gemacht hat. In der übrigen Meßtechnik vermochte aber dieser Verstärker keinen Eingang zu finden, da sein Betrieb an bestimmte für die

„tg δ" Schleifdraht für die reelle Komponente
„ΔC" Schleifdraht für die imaginäre Komponente

Abb. 8. Kapazitäts-Meßbrücke mit selbsttätigem Abgleich durch Nullmotoren und Röhrenverstärker.

Meßtechnik unerwünschte Voraussetzungen geknüpft ist. So ist z. B. auch seine Ausgangsleistung verhältnismäßig klein.

Bemerkenswert ist auch eine Form der Gleichstromverstärkung, die in letzter Zeit zunehmend an Bedeutung gewinnt, das ist der Eisen-Verstärker. Er beruht bekanntlich darauf, daß die Permeabilität eines Eisenkerns durch eine Gleichstrom-Magnetisierung geändert wird. Befindet sich nun ein solcher Kern in einer abgestimmten Induktivitätsbrücke und wird über eine Hilfswicklung dieser Kern mit Gleichstrom vormagnetisiert, so fließt über die Brückendiagonale ein verhältnismäßig großer Strom, der gleichgerichtet entweder direkt für Meßzwecke dienstbar gemacht werden kann oder der zur Beeinflussung einer zweiten Verstärkerstufe benutzt wird. Die von der Röhrentechnik her bekannten Möglichkeiten der

[2]) L. Brandenburger, Siemens-Z. 15 (1935) S. 511 u. 19 (1939) S. 42.

Rück- und Gegenkopplung können auch hier in vollem Umfange ausgenutzt werden[3]).

Wie schon eingangs erwähnt, werden Wechselstromvorgänge zweckmäßig durch Röhrenverstärkung erfaßt. Die Meßgröße braucht dabei nicht erst in eine Bewegungsgröße umgewandelt zu werden. Das Gitter des ersten Verstärkerrohres übernimmt diese Funktion. Wenn auch die Schwierigkeiten bei der Wechselstromverstärkung nicht angenähert so groß sind wie beim Gleichstrom-Röhrenverstärker, so ist es doch bis heute noch nicht möglich, einen allen Wünschen genügenden Meßverstärker für Wechselstrom zu bauen. Für alle Ausschlagsverfahren hat man die Schaltung so gewählt, daß der Verstärker nur als Nullindikator arbeitet und durch seine Ausgangsleistung die Kompensation der Schaltung vorgenommen wird. Bei dieser Arbeitsweise fallen wieder alle Einflußgrößen heraus, und die Bedingungen für diesen Verstärker sind äußerst einfach. Es wird nur verlangt, daß er beim Eingangswert Null auch nicht die geringste Ausgangsenergie liefert. Ein dieser Bedingung genügender Verstärker kann auch als Vorsatzgerät für einen der üblichen Wechselstrom-Nullindikatoren zur Empfindlichkeitssteigerung benutzt werden.

Ein besonders anschauliches Beispiel für eine Wechselstrom-Verstärkung mit selbsttätiger Kompensation ist in Abb. 8 skizziert. Es handelt sich um eine Kapazitätsbrücke, deren Brückendiagonale einen Verstärker enthält. Der Ausgangsstrom dieses Verstärkers wird benutzt, um zwei aufeinander senkrecht stehende Kompensationsspannungen so zu verstellen, daß die Verstärkereingangsleistung nach Null konvergiert, d. h. die Brücke abgestimmt wird. Seine praktische Ausbildung hat dieses Verfahren in der selbstabgleichenden, das Meßergebnis registrierenden Verlustfaktor-Meßbrücke erfahren, die in Abb. 9 gezeigt ist. Es wäre zwar möglich gewesen, die Brückendiagonalspannung leistungslos zu verstärken und direkt ohne Kompensation abzubilden; aus dieser Darstellung kann man grundsätzlich die gleichen Schlüsse ziehen, wie aus dem abgeglichenen, kompensierten Brückensystem. An den Verstärker wären dann aber sehr strenge Forderungen bezüglich Konstanz sowie phasen- und amplitudengetreuer Abbildung zu stellen gewesen. Es war dem Meßtechniker leichter, eine Lösung für die Forderung nach Kompensation zu finden, als mit wirtschaftlichen Mitteln einen Verstärker zu bauen, der den obigen Forderungen entspricht. Mit dieser Erkenntnis darf sich die Meßtechnik aber nicht zufriedengeben. Sollen die gemessenen Vorgänge oszillographiert werden, so versagt jedes Kompensationsverfahren wegen der ihm anhaftenden Trägheit. Gerade für solche Aufgaben wird der reine Meßverstärker ohne Kompensation immer gebraucht werden.

Die hier gegebene kurze Zusammenstellung der vorliegenden Probleme und der Wege, die bis heute zu ihrer Lösung beschritten wurden, kann keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Es sollte nur gezeigt werden, daß ein Meßverstärker im reinsten Sinne des Wortes, der die dem Eingang zugeführte Größe in jeder Beziehung streng getreu in vergrößertem Maßstab nach dem Ausgang überträgt, bis heute noch nicht entwickelt wurde. Die an einen solchen Verstärker zu stellenden Anforderungen sind: absolute Konstanz, streng richtige Wiedergabe von Amplitude und Phase sowie Frequenzunabhängigkeit von etwa 25 bis 2000 Hz. Die Genauigkeit aller Größen wäre mit 0,1 % zunächst als genügend zu bezeichnen. Es ist bei der Angabe des Frequenzbereiches schon auf die Schwierigkeiten der Verstärkung bei ganz kleinen Frequenzen Rücksicht genommen. Eine abschließende Lösung des Problems läge erst vor, wenn der Frequenzgang den Nullwert, d. h. Gleichstromverstärkung, mit einschließt.

Abb. 9. Große Kapazitäts-Meßbrücke für 50 Hz mit Selbstabgleich und Registriergeräten.

[3]) G. Hauffe, ETZ 58 (1937) S. 937 u. 989.

Pumpenlose Klein-Eisenstromrichter.

Von **Alfred Siemens**, Berlin.

DK 621.314.651.2 + .652.2

Der Aufschwung in der Verwendung von Groß-Stromrichtern in gittergesteuerten Anlagen zur Strom- und Spannungsregelung hat auch auf dem Gebiete der mittleren Stromstärken einen Anstoß zur Weiterentwicklung gegeben. Für die Versorgung von kleinen und mittleren Gleichstromnetzen wurden bisher im wesentlichen Glasstromrichter geliefert und mit diesen auch gute Erfolge erzielt. Ihre Überlegenheit auf diesem Gebiet gegenüber Eisenstromrichtern und anderen Umformergattungen war in der einfachen Bedienung, in dem Fortfall der Vakuumhaltung, in der betriebssicheren Luftkühlung und dem guten Wirkungsgrad begründet. Vor allem auf dem Gebiete der industriellen Regelantriebe sind umfangreiche Anwendungsmöglichkeiten für Stromrichter mittlerer Leistung gegeben, bei denen wegen der Rauheit des Betriebes ein Einsatz von Glasgefäßen nicht empfehlenswert schien. Auch für gewisse Bahnbetriebe und für Anlagen, in denen starke Stoßbelastungen und Kurzschlüsse auftreten, und für Anlagen, in denen man durch Gittersteuerung in großem Bereich regeln und gegebenenfalls auch Kurzschlüsse abschalten muß, benötigte man Einheiten, die die Vorteile beider Bauarten, der Eisen- und Glasstromrichter, in sich vereinigen. Man hat schon mit Erfolg den Weg beschritten, Klein-Eisenstromrichter mit Vakuumpumpen zu liefern, die die Bedingungen weitgehend erfüllen. Der Aufwand für die Pumpeinrichtung ist jedoch für die Leistungsgebiete, für die bisher Glasstromrichter eingesetzt wurden, nicht mehr tragbar. Das Bestreben der Siemens-Schuckertwerke ging deshalb dahin, für diese Leistungsgebiete auch noch die Pumpeinrichtung wegzulassen und

den in jeder Hinsicht dem Glasstromrichter überlegenen pumpenlosen und luftgekühlten Klein-Eisenstromrichter zu entwickeln[1]).

Am wichtigsten für das neue Problem war die Frage der vakuumdichten Stromeinführung, bei der eine einwandfreie Verbindung zwischen einem isolierenden Werkstoff und Eisen geschaffen werden mußte. Wenn man auch mit den von Eisengleichrichtern her bekannten Dichtungsarten recht gute Erfahrungen gemacht hatte, so war man sich doch klar darüber, daß mit den bisherigen Mitteln eine für pumpenlosen Betrieb brauchbare Einführung von Keramik in Eisen nicht zu erreichen war oder man zum mindesten zu dieser Lösung einen außerordentlich großen Aufwand brauchte. Es war also notwendig, eine Dichtung durchzubilden, die vollständig vakuumdicht ist, große mechanische Festigkeit besitzt, sich bei kleinem Raumaufwand einfach herstellen läßt, in der Formgebung der zu verbindenden Teile große Freiheit zuläßt und die auftretenden Temperaturen und Temperaturänderungen dauernd aushält. Besondere thermische Beanspruchungen treten bei dem Entgasen auf, das die lebenswichtige Vorbehandlung der Gefäße vor dem Abnehmen von der Vakuumpumpe ist. Diese Ansprüche erfüllt die von den Siemens-Schuckertwerken gewählte Lötdichtung, die sich seit mehr als zehn Jahren im praktischen Betriebe in der Vakuumtechnik und dem sehr verwandten Gebiet des Kondensatorbaues bewährt hat.

Abb. 1. Spritzzündung eines Klein-Eisenstromrichters; Skizze.

Es gab zwar auch noch andere Möglichkeiten, mit denen sich eine Lösung hätte finden lassen. Man konnte die von den Glasstromrichtern her bekannte Stabeinschmelzung mit geeigneten Metallringen verbinden und mit dem Eisen verschweißen, oder es läßt sich das Eisen auf die glasierte Keramik aufschrumpfen. Dann ist die sog. Vitric-Dichtung bekannt geworden, bei der mehrere eiserne Kegel mit isolierenden Emaillezwischenschichten zusammengebacken werden. Auch die Verwendung von Mikalex ist beschrieben worden. Jedoch erfüllen diese Dichtungen nicht sämtliche der oben aufgestellten Forderungen. Die Lötdichtung, bei der mit einer Metallglasur versehene keramische Formstücke mit dem Eisen verlötet werden, hat neben Einfachheit des Herstellungsverfahrens den Vorteil großer Freizügigkeit bei den zu verwendenden Konstruktionen, und man kann bei ihr mit den Festigkeitswerten des Porzellans rechnen, d. h. also, bei mechanischen Beanspruchungen wird das Porzellan zerstört und nicht die Dichtung. Außerdem liegen für diese Ausführung in Verbindung mit Eisenstromrichtern und Blindleistungskondensatoren sehr lange Erfahrungen vor, und ihre Bewährung bei schwierigen Beanspruchungen ist nachgewiesen. Selbst bei Freiluftausführungen für sehr hohe Spannungen sind nicht die geringsten Anstände aufgetreten. Nachdem auf diese Weise eine einwandfreie Beherrschung der Technologie und der Herstellung gewährleistet war, wurde die Lötdichtung erstmalig für Klein-Eisenstromrichter verwendet. Seit über fünf Jahren befindet sich eine große Zahl von Stromrichtern dieser Ausführung in Betrieb. Zunächst wurden, dem Gange der Entwicklung entsprechend, hierbei noch Vakuumpumpen verwendet, und es blieb dann noch der Schritt zum pumpenlosen Betrieb von Eisenstromrichtern übrig, der bald darauf erfolgreich getan wurde. Um nicht einseitig vorwärts zu gehen, wurden andere Dichtungsarten, insbesondere eine besondere Großflächen-Einschmelzung, eingehend untersucht und in Betrieb genommen, und man verschaffte sich ein umfassendes Bild über die Möglichkeiten bei der Herstellung über die Entgasung und Vakuumdichtigkeit der Eisengefäße.

Abb. 2. Pumpenlose Klein-Eisenstromrichtergefäße für Spannungen bis 1200 V.

Für einen pumpenlosen Eisenstromrichter ist nicht nur die Dichtung der isolierten Stromeinführung von Wichtigkeit, sondern auch die Schweißnähte müssen vollständig einwandfrei hergestellt werden. Hier hatte man im Laufe der Zeit bei dem Bau zahlreicher Großstromrichter so gute Erfahrungen gesammelt, daß einwandfreie, dichte Vakuumnähte gleichmäßig ausgeführt werden konnten und daß man es wagen konnte, die durch den Aufbau der neuen Gefäße bedingten schwierigen Formen in Reihenfabrikation herstellen zu lassen. Hohe Ansprüche waren auch an die Güte des Eisenblechs zu stellen, das zuverlässig fehlerfrei und ohne Dopplungen geliefert werden muß. In Verbindung mit den sorgfältigen Herstellungsverfahren gelingt es fast immer, die Gefäße im ersten Arbeitsgang ohne Nacharbeit dicht zu bekommen. Die für Großstromrichter im Laufe der Zeit immer mehr verfeinerten Prüfverfahren für Dichtigkeit bestätigen dies erfreuliche Ergebnis. Für die Einführung der neuen Einheiten konnte auf die Erfahrungen der Eisen- und Glasstromrichter-Herstellung von mehr als zwei Jahrzehnten zurückgegriffen werden, aber auch für die Formgebung und den Aufbau der Einzelteile, insbesondere der Elektroden, sind die Erfahrungen angewandt worden, die bei Stromrichtereinheiten bis zu den höchsten heute lieferbaren Stromstärken gemacht worden sind. Man konnte hier im Gegensatz zu sonstigen Entwicklungsgängen einmal von oben nach unten entwickeln, und es ist leicht einzusehen, daß diese Möglichkeit für die Gefäße mit den kleineren Stromstärken außerordentlich vorteilhaft war. Dementsprechend sind die Einzelteile nach den gleichen Grundsätzen durchgearbeitet, die von den großen Einheiten her bekannt waren, und die Anoden mit Graphitköpfen, die vom Gefäß isolierten Kathoden und die Erregung bestehen aus dem gleichen, den niedrigen Stromstärken angepaßten Elementen. Als Zündung wird die ebenfalls schon für Großstromrichter durchentwickelte Spritzzündung verwendet (Abb. 1), bei der außer einem unverschleißbaren Verdrängerkolben keine beweglichen Teile notwendig sind. Der magnetisch betätigte Verdrängerkolben spritzt Quecksilber aus der Kathode gegen eine Zündanode, und der beim Abreißen des Strahls entstehende Funke leitet die Entladung ein.

[1]) Vgl. ETZ 59 (1938) S. 97.

War so im einzelnen umfangreiche und fruchtbare Vorarbeit geleistet, so blieb noch zu erproben, ob die pumpenlosen Klein-Eisenstromrichter das Vakuum über lange Betriebsdauern und auch über lange Betriebspausen halten und ob nicht im Laufe der Zeit durch das Eisen Fremdgase in das Gefäß eindringen und ein Wiederzünden unmöglich machen. Vor allem die Frage der Lagerungsfähigkeit hat eine große Bedeutung, weil hiermit die Verwendungsmöglichkeit der neuen Gefäße steht und fällt. Es war bereits von den großen wassergekühlten Gefäßen her bekannt, daß grundsätzlich ein geschweißter Vakuumbehälter auf lange Dauer dicht bleiben kann. Es gab hier Einheiten, die bei allerdings vergleichsweise niedrigen Belastungen schon sehr lange Zeit pumpenlos betrieben worden sind, und bei denen nur in ganz großen Zeitabständen die Vakuumhaltungseinrichtungen in Betrieb gesetzt zu werden brauchten. Um jedoch wirklich einwandfreie Ergebnisse mit pumpenlosen Gefäßen im Dauerbetrieb zu bekommen, wurden zunächst an vielen Stellen des eigenen Betriebes solche Einheiten an Stelle von Glasstromrichtern eingebaut und hoch belastet. Damit man aber nicht nur auf die Ergebnisse im eigenen Betrieb zurückgreifen mußte, wurden auch baldigst bei einigen Abnehmern, die in dankenswerter Weise der Neuentwicklung großes Interesse entgegenbrachten, solche Gefäße eingesetzt. Ebenso wurden sofort größere Lagerbestellungen aufgegeben und die Gefäße nach Entgasung und Probe auf Lager gelegt. In Abständen von jeweils mehreren Monaten wurden sie einer kurzzeitigen Probe unterworfen und festgestellt, daß sie stets betriebsbereit waren. Bei einer Reihe der in Betrieb befindlichen Einheiten waren elektrische Vakuummeßeinrichtungen angeschmolzen, mittels deren man den Verlauf des Vakuums dauernd verfolgen konnte. Es stellte sich heraus, daß innerhalb der allerersten Betriebszeit eine Verbesserung des Vakuums infolge der Getterwirkung der Wandungen eintrat und dann der erreichte Wert über die ganze Beobachtungszeit gleich blieb. Eine besonders erfreuliche Bestätigung der günstigen Ergebnisse brachten die Untersuchungen an Hochspannungs-Stromrichtern, die auf Vakuumverschlechterung entsprechend den hohen Beanspruchungen viel empfindlicher sind. Auch sie behielten dauernd ihre Einschaltfähigkeit, und es konnte z. B. eines der Gefäße nach fast einjähriger Lagerung ohne weiteres für den Betrieb eines Großsenders eingesetzt werden.

Abb. 3. Pumpenloser Klein-Eisenstromrichter für Spannungen bis 18 kV.

Sehr günstig wirkt sich bei hohen Betriebsbeanspruchungen auch die starke Getterwirkung des Quecksilberdampfes aus. Finden z. B. infolge kurzzeitiger hoher Überlastungen oder infolge von Kurzschlüssen an zu stark erwärmten Innenteilen örtliche Gasausbrüche statt, so werden die Fremdgase beim Brennen der Erregung ohne Schädigung des Gefäßes in ganz kurzer Zeit wieder niedergeschlagen. Eingehende Untersuchungen hierüber wurden im Rahmen der Entwicklung angestellt, bei denen die Gefäße bis zur Rückzündungsgrenze belastet wurden. Bei allen diesen Versuchen wurde ein weiterer wesentlicher Vorteil der Klein-Eisenstromrichter nachgewiesen, nämlich, daß sich Wärmeabgabe- und Abstrahlungsverhältnisse während der Dauer der Betriebszeit nicht ändern, so daß man also dauernd mit den gleichen Temperatur- und Dampfverhältnissen im Inneren des Kessels und damit auch mit gleichbleibender Brennspannung rechnen kann. Bei Glasstromrichtern ändern sich diese Verhältnisse insofern etwas, als es sich nicht vermeiden läßt, daß sich im Laufe der Zeit gewisse Niederschläge, insbesondere auf den Wandungen der Anodenarme, bilden und dadurch infolge Verschlechterung der Wärmeabstrahlung die Beanspruchungen des Gefäßes anwachsen. Infolge der für die Verarbeitung günstigeren Eigenschaften des Werkstoffes Eisen ließen sich die neuen Stromrichter so konstruieren, daß die Brennspannung gegenüber einem Glasgefäß gleicher Leistung bei Vollast im Durchschnitt um 10 % niedriger liegt. Man erreicht diesen Vorteil dadurch, daß man wesentlich besseren Einfluß auf die Kühlungsverhältnisse der einzelnen Stromrichterteile nehmen kann als bei Glas und z. B. an den Stellen Rippen aufschweißen kann, an denen gekühlt werden muß, während die warm zu haltenden Teile wesentlich höhere Temperaturen ohne zusätzlichen Verschleiß vertragen. Infolgedessen konnte man größere Armquerschnitte und kürzere Lichtbogenwege wählen und auch im äußeren Aufbau den Gefäßen ein technisches Aussehen geben.

Die Entwicklungsarbeiten an der neuen Bauformenreihe von pumpenlosen luftgekühlten Eisen-Stromrichtern können vorerst als abgeschlossen gelten. Man hat sich bei der Bauformenreihe zunächst auf rein luftgekühlte Ausführungen beschränkt (Abb. 2) und erreicht mit der Leistung des größten Gefäßes die des kleinsten gepumpten Eisenstromrichters mit kombinierter Wasser- und Luftkühlung für 800 A. Es ist hierdurch, reihenmäßig gesehen, der Anschluß an die bestehende Großstromrichterreihe hergestellt. Wo im Laufe der Weiterentwicklung die Grenze zwischen Stromrichtern mit und ohne Vakuumpumpe liegen wird, ist im Augenblick nicht festzulegen. Es ist ohne weiteres möglich, rein luftgekühlte pumpenlose Einheiten auch über die 1000 A-Grenze hinaus durchzubilden. Doch scheint es, daß hierbei die Abmessungen

Abb. 4. Stromrichteranlage mit Glasstromrichter 200 A, 440 V und pumpenlosem Eisenstromrichter 400 A, 440 V.

der Gefäße verhältnismäßig groß werden. Die Einführung einer zusätzlichen Wasserkühlung mit Einbau eines kleinen Rückkühlers im Ansaugstrom des Lüfters, wie für gepumpte Stromrichter bereits ausgeführt, führt zu einer technisch günstigen und wirtschaftlichen Lösung. Doch sind noch Vorarbeiten zu leisten, bis diese Aufgabe als wirklich gelöst betrachtet werden kann, weil die Vakuumverhältnisse für pumpenlosen Betrieb mit Wasserkühlung schwieriger liegen als mit reiner Luftkühlung.

Wie schon kurz erwähnt, hat sich der pumpenlose luftgekühlte Klein-Eisenstromrichter auf dem Hochspannungsgebiet einführen lassen, und zwar nach Einbau von an sich bekannten Anodenformen in die Arme der für die Niederspannungsreihe entwickelten Kessel (Abb. 3). Derartige Gefäße konnten im praktischen Betrieb erprobt werden und haben sich einwandfrei bewährt. Vom Standpunkt der Herstellung ist es zu begrüßen, daß Hoch- und Niederspannungs-Stromrichter auf gleicher Grundlage aufgebaut sind.

Pumpenlose Eisenstromrichter werden in den Anlagen genau wie Glasgefäße in die bekannten Schränke eingebaut (Abb. 4); ohne weiteres können in bereits gelieferte Glasgleichrichter-Anlagen die neuen Stromrichter eingesetzt werden. Der Aufwand für Lüftung und Erregung ist der gleiche wie bei Glasgefäßen. Die Überlastungsfähigkeit ist höher und entspricht der VDE-mäßigen Eisenstromrichter-Überlastung. Einen Vergleich des Brennspannungsverlaufes, abhängig von der Belastung, zeigt Abb. 5. Gegen niedrige Raumtemperaturen und Kälte sind die Gefäße weitgehend unempfindlich.

Zum Abschluß sei noch kurz erwähnt, daß auf Grund der Eigenschaften der Werkstoffe ein Verschleiß der Klein-Eisenstromrichter nicht zu erwarten ist. Beim Aufbau sind nur Eisen, Graphit und Porzellan verwendet worden. Der für die Entgasung der Gefäße notwendige Pumpstutzen ist aus Eisen, die Vakuumleitung wird nach der Entgasung abgeschweißt. Durch die Neuentwicklung von Glas zu Eisen ist der Stromrichter aus dem Stadium des physikalischen Apparates herausgekommen und zu

a Klein-Eisenstromrichter
b Glasstromrichter

Abb. 5. Brennspannung von Stromrichtern.

einem technischen Gerät geworden. Er bedarf kaum der Wartung, und alle Teile und Einzelheiten sind nach den Gesichtspunkten des Maschinen- und Gerätebaues durchgebildet. Selbst die Reparaturfähigkeit gleicht der einer Maschine, und entsprechende Arbeiten können mit den bekannten Verfahren des Schweißens und Lötens ohne umfangreiche Sonderkenntnisse auch wiederholt ausgeführt werden. Als einziges Sonderwerkzeug benötigt man einen Pumpensatz. Selbstverständlich besteht daneben nach wie vor die Möglichkeit des Einsatzes von Reservegefäßen.

Zur Installation von Niederspannungs-Anlagen.

Von C. Meinhardt, Mannheim.

DK 621.316.1.027.2

Mit Niederspannungsanlagen kommt heute praktisch jeder Mensch täglich in Berührung, denn diese Anlagen sind zum notwendigen Zubehör aller Baulichkeiten geworden. Daher ist es selbstverständlich, daß an die Gefahrlosigkeit dieser Installationen die höchsten Ansprüche gestellt werden müssen, zumal noch dann, wenn es sich um Räumlichkeiten handelt, in denen sich viele Menschen zu versammeln pflegen, denn selbst kleine Unregelmäßigkeiten können dann leicht zur Panik und Katastrophe

Abb. 1. Zweipolige Panzersicherung.

Abb. 2. Verteilungstafel für 1 bis 4 Stromkreise.

führen. Daß der Elektrotechniker bezüglich der Schaffung einwandfreien Materials alles erdenklich mögliche tut, zeigt die Messe vielfältig und deutlich. Wenn es trotzdem noch Anlagen gibt, deren Ausführung als gefährlich bezeichnet werden muß, so mag der Grund hierfür neben manchem anderen auch auf Unkenntnis der neuzeitlichen Installationsmittel beruhen.

Es erscheint reizvoll, die Kenntnis geeigneten Materials gerade an Hand praktisch beobachteter Fehlausführungen zu ermitteln, und hierfür bietet der im vorigen Jahr erschienene Aufsatz von E. Schulz und G. Paschke die besten Unterlagen[1]). Der Aufsatz berichtete ja gerade über Erfahrungen bei der Prüfung von Niederspannungsanlagen in Theatern, Lichtspielen und Versammlungsräumen. Der Leser wolle also H. 22 der ETZ 1938 zur Hand nehmen und den folgenden Ausführungen entnehmen, wie die seinerzeit beanstandeten Mängel durch Verwendung neuzeitlichen Materials zu beseitigen sind[2]); als Beispiele sind Erzeugnisse von Brown, Boveri & Cie. AG., Mannheim, gewählt.

Abb. 3. Mehrfachabzweigstück für drei Steckeranschlüsse.

Wenn man bei Bild (1) nur Mangel an fachmännischem Empfinden für die einfachsten Sicherheitsvorschriften annehmen kann, so liegt als Erklärung für die in den folgenden Bildern gezeigten Anlagen die Vermutung nahe, daß sie in Unkenntnis der vorhandenen neuzeitlichen Installationsgeräte erstellt wurden. Bild (2)

[1]) ETZ 59 (1938) S. 585.

[2]) Um die Unterscheidung zwischen alten und neuen Textbildern zu erleichtern, sind die Abbildungen des Aufsatzes Schulz-Paschke als „Bild (1)" usw. bezeichnet, die zu der hier vorliegenden Arbeit gehörigen aber als „Abb. 1" usw.

zeigt eine Sicherungstafel mit zwei Sicherungselementen in einem mehr als fragwürdigen Zustand. Wenn hierfür eine zweipolige Panzersicherung, Abb. 1, gesetzt würde, wäre der Sicherheit von Anlage, Personal und Besucher des betreffenden öffentlichen Gebäudes gedient.

Auch eine kleine Verteilungstafel nach Abb. 2 wäre an Stelle der in Bild (2) gezeigten mangelhaften Einrichtung zu empfehlen, und zwar entstehen in jedem Falle Gesamtkosten für die Änderung von wenigen Mark.

Abb. 4. Verteilungsgerät für drei Steckeranschlüsse.

Abb. 5. Reihenschalter.

Die in Bild (3) gezeigte Steckdosenverteilung muß früher oder später zu Fehlern in der Anlage führen. Schon die spannungführenden Stifte, die die Zuführung zur Verteilungsstelle bilden, sind eine beständige Gefahr für die Bedienung, weil sie eine Berührung wahrscheinlich machen und bei Anlegen der Stifte an Metall ganze Anlageteile unter Spannung setzen. An Stelle des Steckers muß hier eine Kupplung verwendet werden, und für die Steckdose wäre ein Mehrfachabzweigstück am Platze (Abb. 3). Das Abzweigstück kann fest angebracht werden, ist aber auch als ortsveränderliches Gerät verwendbar. Das Gehäuse besteht aus schlagfestem Isolierpreßstoff, das Kupplungsstück wird auf die spannungslosen Steckerstifte des Verteilerkopfes aufgeschoben und mit dem Überwurfring festgehalten. Aus den drei in T-Form angeordneten Schuko-Steckdosen kann dann Strom gefahrlos entnommen werden. Die Aufgabe wäre auch mit einem Verteilungskasten nach Abb. 4 zu lösen. Er hat bei gleichen Anschlußmöglichkeiten noch den Vorteil, daß jeder einzelne abgehende Stromkreis für sich durch zwei Stotz-Automaten gesichert wird. Fehler oder Kurzschlüsse setzen jeweils nur einen Stromkreis still, während die beiden anderen unberührt bleiben; außerdem braucht keine Sicherung ersetzt zu werden, sondern die Automaten werden durch eine Hebeldrehung wieder eingeschaltet.

Abb. 6. Verteilungstafel mit Elementautomaten und Drehschaltern.

Abb. 7. Verteilungstafel mit Sockelautomaten.

In Farbwechsel-Schaltanlagen, wie sie Bild (4) in primitivster Ausführung zeigte, gehören neuzeitliche Reihenschalter (Abb. 5). Bis zu 16 Schaltelemente können übereinander angeordnet und mit einem Griff in Betrieb gesetzt werden. Für Großanlagen werden mehrere derartige Reihenschalter mit gemeinsamer Betätigung nebeneinander zusammengebaut. Dabei liegen doch alle Klemmen offen und leicht zugänglich, so daß nachträgliche Änderungen in der Schaltung sehr einfach sind. Alle Einzelteile der Schalter können spielend leicht ausgewechselt werden. Die offene Anordnung vermittelt eine Übersicht, die der Klarheit eines zeichnerischen Schaltschemas gleichkommt.

Sehr lehrreich ist Bild (6), das einen Beleuchter für Bühnenbeleuchtung zeigt. Die Ausführungen über Reihenschalter gelten hier sinngemäß. Vorteilhaft kann man hier aber auch eine Kleinverteilungstafel mit Sicherungen oder besser mit Kleinautomaten und Schaltern anwenden (Abb. 6 und 7). Nach einem gelieferten Schaltplan werden diese Tafeln von dem Hersteller fix und fertig verdrahtet geliefert.

Eine Anordnung, wie sie Bild (7) zeigte, muß einen gewissenhaften Installateur schaudern lassen, zumal ihm zweckmäßige Mehrfachsteckdosen zur Verfügung stehen.

Abb. 8. Verteilungstafel in Schrankgehäuse.

Mit Bezug auf die Bilder (8) und (9)soll noch kurz auf neuzeitliche Großverteilungen hingewiesen werden, die in bereits bestehenden, besonders aber in neuen Anlagen für Bühnen unbedingt eingebaut werden sollten.

In Bild (8) sind hochwertige Filmvorführapparate der Verschmutzung und Beschädigung in wirrem Durcheinander ausgesetzt. Elektrische Leitungen für Beleuchtung und Motorantrieb liegen frei herum und sind der Gefahr ausgesetzt, jederzeit abgerissen, abgequetscht oder geknickt zu werden. Vermutlich ist die zugehörige, im Bild nicht sichtbare Sicherungstafel in ähnlich trostlosem Zustand. Das Gegebene ist für derartige Fälle z. B. die in Abb. 8 gezeigte Verteilungstafel, die Sicherungen und Apparate zusammenfaßt, eine ortsfeste und daher sichere Leitungsverlegung ermöglicht und so Geräte und Menschen, die Anlage und das Gebäude schützt. Ein einfacher verschließbarer Schrank enthält dann auf einem Eisengerüst montiert sowohl die wertvollen Vorführgeräte als auch die zugehörigen Sicherungsteile der elektrischen Anlage. Alle Teile sind auf diese Art vor mechanischer Beschädigung geschützt, alle liegen im Handbereich bequem bedienbar; Steckdosen für Kraft und Licht sind vorhanden. Sicherungselemente oder besser Kleinautomaten schützen Leitung und angeschlossene Geräte vor gefährlicher Überlastung. Alle Teile sind durch Bezeichnungsschildchen kenntlich gemacht. Die ganze Anlage, die selbst für den mit der Bedienung Vertrauten bei Ausführung nach Bild (8) und (9) Schwierigkeiten macht, kann bei verhältnismäßig billiger Ausführung selbst von einem nicht Eingeweihten bedient werden.

Besorgniserregend an den Beispielen in der ETZ H. 22 (1938) ist, daß wahrscheinlich ähnliche Zustände auch noch in vielen, zumal kleineren Industrieunternehmungen und gewerblichen Betrieben angetroffen werden können. Auch auf Meßplätzen und in Schaubuden sieht man häufig Verteilungsanlagen, die alles andere als vorbildlich oder gefahrlos genannt werden können.

„Kampf der Gefahr" ist aber heute eine sehr lebendige Losung, und die Anstrengungen, die in dieser Richtung z. B. im öffentlichen Verkehr gemacht werden, sollten jeden verantwortungsbewußten Betriebsführer veranlassen, in seiner unmittelbaren Umgebung gewissenhaft alle Gefahrenquellen zu beseitigen; die Mittel, derer er dazu bedarf, kann ihm die Elektrotechnik sämtlich bieten.

Trocken-Schaltschränke für 10 kV.

Von K. Bauerschmidt VDE, Berlin.

DK 621.316.342

Die Vorzüge gekapselter Schaltanlagen (wenig Raumbedarf, geringe Montagekosten, Schutz der eingebauten Geräte gegen Feuchtigkeit und Verschmutzung) lassen sich für ein um so größeres Anwendungsgebiet nutzbar machen, je mehr es gelingt, die einzelnen Schaltschränke zu einem möglichst vollständigen Schaltfeld auszugestalten und dieses hinsichtlich eines klaren, übersichtlichen Einbaues der einzelnen Geräte und deren guter, gefahrloser Zugänglichkeit den Schaltanlagen offener Bauart anzunähern bzw. gleichwertig zu machen.

Diese Annäherung an andere Schaltanlagen soll aber vor allem auch in der Wahl der Geräte vorhanden sein. Die sich immer mehr steigernde Einführung ölloser Hochspannungsschaltanlagen läßt es als das Gegebene erscheinen, die Vorzüge solcher Schaltanlagen auch auf die Hochspannungs-Schaltschränke zu übertragen. Es sind daher von der AEG für 10 kV Schaltschränke entwickelt worden, die neben dem Leistungsschalter auch alle übrigen Geräte in öl- und masseloser Ausführung enthalten, also reine Trockenschaltschränke; im übrigen ist den eingangs erwähnten Gesichtspunkten in weitem Maße Rechnung getragen.

Der Verwendungsbereich eines Schaltfeldes wird im wesentlichen bestimmt durch den Leistungsschalter. Der hier normal verwandte Hartgasschalter (kompressorloser Druckgasschalter) Form CKL ist bemessen für 400 A Nennstrom; er wird für Abschaltleistungen von 100 bzw. 200 MVA bei 10 kV eingebaut (Abb. 1 a u. b). Bei 6 kV betragen die Schaltleistungen etwa 75 % der vorgenannten Werte. Diese Hartgasschalter erzeugen sich das zur Löschung des Lichtbogens erforderliche Druckgas beim Abschaltvorgang selbst und sind unabhängig von einer besonderen Druckgasanlage. Sie eignen sich daher vorzüglich für die große Zahl einzelner Schaltstellen und kleiner Gruppen von Schaltfeldern (Abb. 1 bis 3).

Für Schaltanlagen mit mehr als etwa fünf Leistungsschaltern tritt der fremdbeblasene Druckgasschalter erfolgreich in Wettbewerb, da hier der Kompressoranteil keine wesentliche Rolle mehr spielt. Dieser Gesichtspunkt ist bei der Planung von Schaltanlagen zu berücksichtigen. Außerdem ist bei besonders schwer beanspruchten Schaltstellen (Elektroöfen, Walzenstraßen, Förderanlagen u. dgl.) in allen Fällen auf fremdbeblasene Druckgasschalter zurückzugreifen, da deren Kontakte besonders leistungsfähig sind bei großer Schalthäufigkeit mit öfteren Kurzschlüssen. Die normalen Trockenschaltschränke können statt des Hartgasschalters einen fremdbeblasenen Druckgasschalter Reihe 10 aufnehmen, welcher bei 6 kV 150 MVA Abschaltleistung besitzt; Betriebsdruck rd. 10 atü (Abb. 2).

Abb. 1. Trockenschaltschrank
a Tür geöffnet b Feld ausgefahren (Zwischenwände der Übersichtlichkeit wegen abgenommen).

Eine weitere Ausführung von Trockenschaltschränken ist für Anschlußstellen mit mäßigem Nennstrom, aber hoher Kurzschlußleistung des Netzes vorgesehen. Hier wird ein Hartgas - Leistungstrennschalter mit in Reihe liegenden Hochleistungssicherungen eingebaut. Letztere haben eine Abschaltleistung von 400 bzw. 500 MVA und übernehmen im Kurzschlußfalle die Stromtrennung; durch das Energiekennzeichen der Sicherung wird anschließend der Leistungstrennschalter ausgelöst und damit eine allpolige Abschaltung bewirkt. Der Leistungstrennschalter dient zum Schalten des Betriebsstromes und gegebenenfalls zur selbsttätigen Unterbrechung bei mäßigen Überlastungen (Abb. 3).

Diese aus kräftigem Stahlblech gebauten Trockenschaltschränke enthalten alles, was zu den Zubehörteilen eines normalen Schaltfeldes gehört: Leistungsschalter, Trennschalter, ferner nach Bedarf Stromwandler, Spannungswandler, Meßgeräte und Sammelschienen; außerdem ist Raum vorgesehen für Kabelendverschlüsse. Ein sehr übersichtlicher Einbau konnte dadurch erreicht werden, daß gewissen Teilen mehrere Aufgaben zugeordnet wurden. Die Stromwandler sind auf den Durchführungen des Leistungsschalters angebracht; letztere dienen gleichzeitig als Kontaktträger für den Trennschalter. Die Trennschalter wiederum befinden sich teils am festen, teils am fahrbaren Teil des Schaltfeldes (s. auch weiter unten) und machen damit besondere Steckkontakte überflüssig. Diese Bauart erspart außerdem eine große Zahl von Verbindungsleitungen und verringert so die Stromübergangsstellen im Schaltfeld erheblich.

Zur Frage der Zugänglichkeit der eingebauten Geräte: Bisher versah man im allgemeinen gekapselte Schaltfelder mit einer vorderen Tür oder machte das ganze Feld ausfahrbar. Erstere Art erlaubt wohl auf bequeme Weise einen Einblick in das Schaltfeld; im Störungsfalle ist jedoch eine gründliche Nachprüfung erschwert, weil die eingebauten Teile von der Tür aus meist nicht genügend zugänglich sind. Die Ausfahrbarkeit des Feldes dagegen gestattet zwar eine gute Zugänglichkeit der einzelnen Geräte, für eine einfache, laufende Betriebsüberwachung ist jedoch dies Ausfahren zu umständlich und zeitraubend; außerdem ist es vielfach unerwünscht, enge Gänge u. dgl. mit dem herausgezogenen Schaltfeld zu versperren. In den Trockenschaltschränken ist durch Vereinigen beider Systeme ein Höchstmaß an Erleichterungen für die Betriebsüberwachung geschaffen worden. Sie haben eine vordere Tür für die laufende Betriebskontrolle und sind außerdem ausfahrbar für den Fall einer umfassenderen Untersuchung. Die Betriebsfähigkeit der übrigen Anlage wird hierbei in keinem Falle gestört (Abb. 1 a u. b).

e Spannungswandler
f Durchführungsstromwandler
g Trennschalter (am fahrbaren Teil)
h Trennschalterkontakt (feststehend)
i Sammelschiene
k Kabelendverschluß
l Sicherungen für Spannungswandler
m Trennschalterantrieb
n Steuerventil
o Druckgasschalter
p Vorschaltarmatur
q lösbare Kupplung
r Überstromauslöser

Abb. 2. Schaltfeld mit fremdbeblasenem Druckgasschalter.

Eine gefahrlose Bedienung ist durch entsprechende mechanische Verriegelungen sichergestellt. Die Tür kann nur geöffnet bzw. das Feld nur herausgezogen werden, wenn vorher die Trennschalter ausgeschaltet wurden. Die Trennschalter selbst lassen sich nur stromlos schalten. Bei herausgefahrenem Feld verbleiben im Gehäuse nur die Sammelschienen, Endverschlüsse und ein Teil der Trennschalter. Diese Teile sind aber durch abschraubbare Schutzwände aus gelochtem Blech einer unbeabsichtigten Berührung entzogen. Ein Wiedereinschalten ist nur nach Schließen der Tür möglich.

Die Meßinstrumente sind ebenso wie die Wandler auf dem ausfahrbaren Teil angeordnet, so daß ein Trennen der Meßleitungen beim Herausfahren vermieden wird. Normal sind die Trockenschaltschränke für einen Satz Sammelschienen eingerichtet; beim Doppelsammelschienensystem wird ein Aufsatz nebst zweitem Trennschalter zugefügt. Die Schränke sind tropfwasserdicht und können auch staubdicht ausgeführt werden.

Die Hartgasschalter an sich sind bereits in früheren Veröffentlichungen[1]) mehrfach behandelt worden. Für den Einbau in die Schaltschränke wurden die Schalldämpfer den engen räumlichen Verhältnissen angepaßt. Die Möglichkeiten selbsttätiger Auslösung sind die gleichen wie bei jedem anderen Leistungsschalter. Betätigt werden diese Schalter von Hand durch einen Hebel mit Doppelgriff; jedoch ist auch Fernbetätigung durch ein angebautes Motorgetriebe (Drehstrom) möglich; für Synchronisieren erhält dieses Getriebe eine Sonderausführung. Ein Notschalthebel ermöglicht im Störungsfalle auch hier die Handbetätigung des Schalters. Die Trennschalter werden ebenfalls von der Schaltwand aus betätigt. Sie sind als Schubschalter ausgebildet und ersetzen, wie schon erwähnt, infolge ihrer besonderen Anordnung gleichzeitig die sonst üblichen Steckkontakte. Für letztere Aufgabe war natürlich ein besonders zuverlässiger Kontakteingriff auch bei meist unvermeidlichen kleinen maßlichen Abweichungen notwendig. Dies wurde erreicht einmal durch die Ausbildung der Kontakte selbst und ferner durch eine entsprechende Einlaufsführung für den fahrbaren Teil des Schaltfeldes.

l Hochleistungssicherungen *o* Hartgas-Leistungstrennschalter
p Schalterantrieb übrige Buchstabenerklärung siehe Abb. 2

Abb. 3. Schaltfeld mit Hartgas-Leistungstrennschalter und Hochleistungssicherungen.

Die Stromwandler sind als Einleiterwandler kurzschlußfest; sie sind verwendbar bis herunter zu 20 A Primärstrom. Für noch kleinere Primärströme ist Raum für besondere öllose Wandler vorgesehen. Die Spannungswandler (Einphasenwandler) sind ebenfalls öllos; nach der Sammelschienenseite sind sie durch Sicherungen ausreichender Abschaltleistung gesichert. Für Drehstrom werden zwei Wandler in V-Schaltung verwendet. An Meßinstrumenten können normalerweise bis zu drei auf dem oberen Teil der Vorderwand untergebracht werden; einer größeren Zahl von Meßgeräten wird durch einen besonderen Aufbau auf der Schaltwand Rechnung getragen.

Die Trockenschaltschränke werden in einer Einheitsbauweise mit immer gleichem Gehäuse und dazu passendem Fahrgerüst hergestellt, so daß auch nachträglich jede Anlage durch Anfügen weiterer Felder beliebig erweitert werden kann.

[1]) Siehe u. a. O. Mayr, VDE-Fachber. 8 (1936) S. 142. — Bauerschmidt, AEG-Mitt. (1937) H. 3, S. 83. — Biermanns, ETZ 59 (1938) S. 165 u. 194. — Petermichl, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) H. 22, S. 286.

Ein neuartiger Fließofen mit Wärmerückgewinnung.

Von **A. H. Dohns**, Berlin.

DK 621.365.413

Elektrisch beheizte Fließöfen werden als Glühöfen bei größeren Erzeugungsmengen bereits seit längerer Zeit verwendet. Sie haben ihre Einführung neben den sonstigen Vorteilen der elektrischen Beheizung vor allem dem Umstand zu verdanken, daß sie sich in den Fertigungsgang gut einordnen und ein gleichmäßig geglühtes Produkt erreichen lassen. Wenn die Glühbehandlung ein langsames Abkühlen des Glühgutes zuläßt, kann außerdem durch Anwendung einer Wärmerückgewinnung der Energieverbrauch je Tonne Glühgut sehr niedrig gehalten werden.

Nachstehend wird ein Zweibahn-Stoßofen der SSW beschrieben, bei dem die Aufgabe der Wärmerückgewinnung dadurch gelöst wurde, daß die beiden Stoßbahnen übereinander angeordnet wurden. Dieser Ofen eignet sich besonders auch zum Glühen von empfindlichen Teilen, die z. B. in einem Trommelofen verbeult und beschädigt würden. Bei dem im Längsschnitt abgebildeten Ofen (Abb. 1)[1]) wird das Glühgut auf einer Unterlage ruhend durch den Ofen befördert, was besonders im Bereich der Glühzone sehr wichtig ist. Hierzu dienen Blechtassen, die aufeinanderfolgend durch den Ofen gestoßen werden. Sie durchlaufen zunächst die Wärmeaustauschkammer und nehmen dabei die Wärme von den fertig geglühten, auf der unteren Stoßbahn befindlichen Werkstücken auf. In der Glühkammer werden sie dann auf die eigentliche Glühtemperatur erwärmt, an der Umkehrstelle des Ofens durch einen senkbaren Tisch in die untere Stoßbahn abgesenkt und dann im Gegenlauf zurückbefördert. Auf dieser unteren Stoßbahn wird das Glühgut zunächst noch eine gewisse Zeit lang auf der Glühtemperatur gehalten, damit es sich vollständig und gleichmäßig durchwärmt, um dann abzukühlen und hierbei das neu eingesetzte kalte Glühgut auf der oberen Stoßbahn vorzuwärmen. Die weitgehend abgekühlten Teile gelangen schließlich auf einen zweiten Umsetztisch. Beim Heben dieses Tisches wird die Blechtasse durch Auskippen entleert, wodurch das Glühgut den Ofen durch einen Ausfalltrichter verläßt. Die geleerte Tasse wird sodann wieder mit neuem Glühgut gefüllt.

Mit dem Ofen können Werkstücke aus Messing, Eisen oder aus Eisen mit einer aufplattierten Schicht aus Kupfer oder Tombak geglüht werden. Da bei Werkstücken aus Messing bei Glühtemperaturen über 480 ° Blankglühen wegen der Zinkdiffusion nicht gelingt, muß solches Glühgut nach der Glühung noch gebeizt werden. Dies erfolgt in einer Beiz- und Wascheinrichtung, die sich an den Ofen anschließt und in welche die Messingteile beim Kippen des Tisches fallen. Werkstücke aus Eisen oder kupfer- bzw. tombakplattierte Eisenteile können dagegen unter Verwendung von Schutzgas blankgeglüht werden, so daß sich bei solchem Glühgut ein nachträgliches Beizen, Waschen und Trocknen erübrigt. An die Stelle der Beiz- und Wascheinrichtung tritt dann ein Kühlkanal, in dem die Werkstücke auf einem Transportband in der Schutzgasatmosphäre bis auf eine Temperatur abkühlen, bei der sie nicht mehr anlaufen.

Damit beim Blankglühen von Eisenteilen möglichst wenig Schutzgas verbraucht wird, ist das Ofengehäuse gasdicht geschweißt. Die gasdichte Verbindung zwischen der abhebbaren Ofendecke und dem feststehenden Ofenkörper wird durch eine Flüssigkeitstasse hergestellt. Zur Einschränkung der Schutzgasverluste beim Beschicken des Ofens dient eine Glühgutschleuse. Zum gasdichten Ab-

a Beschickungsschleuse b_1, b_2 Stoßbahn c_1, c_2 Umsetztische d_1, d_2 elektrisch betätigte Stoßmaschine e Antrieb der Umsetztische f elektrische Heizelemente g Ausfallschacht

Abb. 1. Längsschnitt durch den Zweibahn-Stoßofen.

[1]) Ein Modell des Ofens wird auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1939 in Halle 21 gezeigt.

Rück- und Gegenkopplung können auch hier in vollem Umfange ausgenutzt werden[3]).

Wie schon eingangs erwähnt, werden Wechselstromvorgänge zweckmäßig durch Röhrenverstärkung erfaßt. Die Meßgröße braucht dabei nicht erst in eine Bewegungsgröße umgewandelt zu werden. Das Gitter des ersten Verstärkerrohres übernimmt diese Funktion. Wenn auch die Schwierigkeiten bei der Wechselstromverstärkung nicht angenähert so groß sind wie beim Gleichstrom-Röhrenverstärker, so ist es doch bis heute noch nicht möglich, einen allen Wünschen genügenden Meßverstärker für Wechselstrom zu bauen. Für alle Ausschlagsverfahren hat man die Schaltung so gewählt, daß der Verstärker nur als Nullindikator arbeitet und durch seine Ausgangsleistung die Kompensation der Schaltung vorgenommen wird. Bei dieser Arbeitsweise fallen wieder alle Einflußgrößen heraus, und die Bedingungen für diesen Verstärker sind äußerst einfach. Es wird nur verlangt, daß er beim Eingangswert Null auch nicht die geringste Ausgangsenergie liefert. Ein dieser Bedingung genügender Verstärker kann auch als Vorsatzgerät für einen der üblichen Wechselstrom-Nullindikatoren zur Empfindlichkeitssteigerung benutzt werden.

Ein besonders anschauliches Beispiel für eine Wechselstrom-Verstärkung mit selbsttätiger Kompensation ist in Abb. 8 skizziert. Es handelt sich um eine Kapazitätsbrücke, deren Brückendiagonale einen Verstärker enthält. Der Ausgangsstrom dieses Verstärkers wird benutzt, um zwei aufeinander senkrecht stehende Kompensationsspannungen so zu verstellen, daß die Verstärkereingangsleistung nach Null konvergiert, d. h. die Brücke abgestimmt wird. Seine praktische Ausbildung hat dieses Verfahren in der selbstabgleichenden, das Meßergebnis registrierenden Verlustfaktor-Meßbrücke erfahren, die in Abb. 9 gezeigt ist. Es wäre zwar möglich gewesen, die Brückendiagonalspannung leistungslos zu verstärken und direkt ohne Kompensation abzubilden; aus dieser Darstellung kann man grundsätzlich die gleichen Schlüsse ziehen, wie aus dem abgeglichenen, kompensierten Brückensystem. An den Verstärker wären dann aber sehr strenge Forderungen bezüglich Konstanz sowie phasen- und amplitudengetreuer Abbildung zu stellen gewesen. Es war dem Meßtechniker leichter, eine Lösung für die Forderung nach Kompensation zu finden, als mit wirtschaftlichen Mitteln einen Verstärker zu bauen, der den obigen Forderungen entspricht. Mit dieser Erkenntnis darf sich die Meßtechnik aber nicht zufriedengeben. Sollen die gemessenen Vorgänge oszillographiert werden, so versagt jedes Kompensationsverfahren wegen der ihm anhaftenden Trägheit. Gerade für solche Aufgaben wird der reine Meßverstärker ohne Kompensation immer gebraucht werden.

Die hier gegebene kurze Zusammenstellung der vorliegenden Probleme und der Wege, die bis heute zu ihrer Lösung beschritten wurden, kann keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Es sollte nur gezeigt werden, daß ein Meßverstärker im reinsten Sinne des Wortes, der die dem Eingang zugeführte Größe in jeder Beziehung streng getreu in vergrößertem Maßstab nach dem Ausgang überträgt, bis heute noch nicht entwickelt wurde. Die an einen solchen Verstärker zu stellenden Anforderungen sind: absolute Konstanz, streng richtige Wiedergabe von Amplitude und Phase sowie Frequenzunabhängigkeit von etwa 25 bis 2000 Hz. Die Genauigkeit aller Größen wäre mit 0,1 % zunächst als genügend zu bezeichnen. Es ist bei der Angabe des Frequenzbereiches schon auf die Schwierigkeiten der Verstärkung bei ganz kleinen Frequenzen Rücksicht genommen. Eine abschließende Lösung des Problems läge erst vor, wenn der Frequenzgang den Nullwert, d. h. Gleichstromverstärkung, mit einschließt.

Abb. 9. Große Kapazitäts-Meßbrücke für 50 Hz mit Selbstabgleich und Registriergeräten.

[3]) G. Hauffe, ETZ 58 (1937) S. 937 u. 989.

Pumpenlose Klein-Eisenstromrichter.

Von Alfred Siemens, Berlin.

DK 621.314.651.2 + .652.2

Der Aufschwung in der Verwendung von Groß-Stromrichtern in gittergesteuerten Anlagen zur Strom- und Spannungsregelung hat auch auf dem Gebiete der mittleren Stromstärken einen Anstoß zur Weiterentwicklung gegeben. Für die Versorgung von kleinen und mittleren Gleichstromnetzen wurden bisher im wesentlichen Glasstromrichter geliefert und mit diesen auch gute Erfolge erzielt. Ihre Überlegenheit auf diesem Gebiet gegenüber Eisenstromrichtern und anderen Umformergattungen war in der einfachen Bedienung, in dem Fortfall der Vakuumhaltung, in der betriebssicheren Luftkühlung und dem guten Wirkungsgrad begründet. Vor allem auf dem Gebiete der industriellen Regelantriebe sind umfangreiche Anwendungsmöglichkeiten für Stromrichter mittlerer Leistung gegeben, bei denen wegen der Rauheit des Betriebes ein Einsatz von Glasgefäßen nicht empfehlenswert schien. Auch für gewisse Bahnbetriebe und für Anlagen, in denen starke Stoßbelastungen und Kurzschlüsse auftreten, und für Anlagen, in denen man durch Gittersteuerung in großem Bereich regeln und gegebenenfalls auch Kurzschlüsse abschalten muß, benötigte man Einheiten, die die Vorteile beider Bauarten, der Eisen- und Glasstromrichter, in sich vereinigen. Man hat schon mit Erfolg den Weg beschritten, Klein-Eisenstromrichter mit Vakuumpumpen zu liefern, die die Bedingungen weitgehend erfüllen. Der Aufwand für die Pumpeinrichtung ist jedoch für die Leistungsgebiete, für die bisher Glasstromrichter eingesetzt wurden, nicht mehr tragbar. Das Bestreben der Siemens-Schuckertwerke ging deshalb dahin, für diese Leistungsgebiete auch noch die Pumpeinrichtung wegzulassen und

den in jeder Hinsicht dem Glasstromrichter überlegenen pumpenlosen und luftgekühlten Klein-Eisenstromrichter zu entwickeln[1]).

Am wichtigsten für das neue Problem war die Frage der vakuumdichten Stromeinführung, bei der eine einwandfreie Verbindung zwischen einem isolierenden Werkstoff und Eisen geschaffen werden mußte. Wenn man auch mit den von Eisengleichrichtern her bekannten Dichtungsarten recht gute Erfahrungen gemacht hatte, so war man sich doch klar darüber, daß mit den bisherigen Mitteln eine für pumpenlosen Betrieb brauchbare Einführung von Keramik in Eisen nicht zu erreichen war oder man zum mindesten zu dieser Lösung einen außerordentlich großen Aufwand brauchte. Es war also notwendig, eine Dichtung durchzubilden, die vollständig vakuumdicht ist, große mechanische Festigkeit besitzt, sich bei kleinem Raumaufwand einfach herstellen läßt, in der Formgebung der zu verbindenden Teile große Freiheit zuläßt und die auftretenden Temperaturen und Temperaturänderungen dauernd aushält. Besondere thermische Beanspruchungen treten bei dem Entgasen auf, das die lebenswichtige Vorbehandlung der Gefäße vor dem Abnehmen von der Vakuumpumpe ist. Diese Ansprüche erfüllt die von den Siemens-Schuckertwerken gewählte Lötdichtung, die sich seit mehr als zehn Jahren im praktischen Betriebe in der Vakuumtechnik und dem sehr verwandten Gebiet des Kondensatorbaues bewährt hat.

Abb. 1. Spritzzündung eines Klein-Eisenstromrichters; Skizze.

Es gab zwar auch noch andere Möglichkeiten, mit denen sich eine Lösung hätte finden lassen. Man konnte die von den Glasstromrichtern her bekannte Stabeinschmelzung mit geeigneten Metallringen verbinden und mit dem Eisen verschweißen, oder es läßt sich das Eisen auf die glasierte Keramik aufschrumpfen. Dann ist die sog. Vitric-Dichtung bekannt geworden, bei der mehrere eiserne Kegel mit isolierenden Emaillezwischenschichten zusammengebacken werden. Auch die Verwendung von Mikalex ist beschrieben worden. Jedoch erfüllen diese Dichtungen nicht sämtliche der oben aufgestellten Forderungen. Die Lötdichtung, bei der mit einer Metallglasur versehene keramische Formstücke mit dem Eisen verlötet werden, hat neben Einfachheit des Herstellungsverfahrens den Vorteil großer Freizügigkeit bei den zu verwendenden Konstruktionen, und man kann bei ihr mit den Festigkeitswerten des Porzellans rechnen, d. h. also, bei mechanischen Beanspruchungen wird das Porzellan zerstört und nicht die Dichtung. Außerdem liegen für diese Ausführung in Verbindung mit Eisenstromrichtern und Blindleistungskondensatoren sehr lange Erfahrungen vor, und ihre Bewährung bei schwierigen Beanspruchungen ist nachgewiesen. Selbst bei Freiluftausführungen für sehr hohe Spannungen sind nicht die geringsten Anstände aufgetreten. Nachdem auf diese Weise eine einwandfreie Beherrschung der Technologie und der Herstellung gewährleistet war, wurde die Lötdichtung erstmalig für Klein-Eisenstromrichter verwendet. Seit über fünf Jahren befindet sich eine große Zahl von Stromrichtern dieser Ausführung in Betrieb. Zunächst wurden, dem Gange der Entwicklung entsprechend, hierbei noch Vakuumpumpen verwendet, und es blieb dann noch der Schritt zum pumpenlosen Betrieb von Eisenstromrichtern übrig, der bald darauf erfolgreich getan wurde. Um nicht einseitig vorwärts zu gehen, wurden andere Dichtungsarten, insbesondere

Abb. 2. Pumpenlose Klein-Eisenstromrichtergefäße für Spannungen bis 1200 V.

eine besondere Großflächen-Einschmelzung, eingehend untersucht und in Betrieb genommen, und man verschaffte sich ein umfassendes Bild über die Möglichkeiten bei der Herstellung über die Entgasung und Vakuumdichtigkeit der Eisengefäße.

Für einen pumpenlosen Eisenstromrichter ist nicht nur die Dichtung der isolierten Stromeinführung von Wichtigkeit, sondern auch die Schweißnähte müssen vollständig einwandfrei hergestellt werden. Hier hatte man im Laufe der Zeit bei dem Bau zahlreicher Großstromrichter so gute Erfahrungen gesammelt, daß einwandfreie, dichte Vakuumnähte gleichmäßig ausgeführt werden konnten und daß man es wagen konnte, die durch den Aufbau der neuen Gefäße bedingten schwierigen Formen in Reihenfabrikation herstellen zu lassen. Hohe Ansprüche waren auch an die Güte des Eisenblechs zu stellen, das zuverlässig fehlerfrei und ohne Dopplungen geliefert werden muß. In Verbindung mit den sorgfältigen Herstellungsverfahren gelingt es fast immer, die Gefäße im ersten Arbeitsgang ohne Nacharbeit dicht zu bekommen. Die für Großstromrichter im Laufe der Zeit immer mehr verfeinerten Prüfverfahren für Dichtigkeit bestätigen dies erfreuliche Ergebnis. Für die Einführung der neuen Einheiten konnte auf die Erfahrungen der Eisen- und Glasstromrichter-Herstellung von mehr als zwei Jahrzehnten zurückgegriffen werden, aber auch für die Formgebung und den Aufbau der Einzelteile, insbesondere der Elektroden, sind die Erfahrungen angewandt worden, die bei Stromrichtereinheiten bis zu den höchsten heute lieferbaren Stromstärken gemacht worden sind. Man konnte hier im Gegensatz zu sonstigen Entwicklungsgängen einmal von oben nach unten entwickeln, und es ist leicht einzusehen, daß diese Möglichkeit für die Gefäße mit den kleineren Stromstärken außerordentlich vorteilhaft war. Dementsprechend sind die Einzelteile nach den gleichen Grundsätzen durchgearbeitet, die von den großen Einheiten her bekannt waren, und die Anoden mit Graphitköpfen, die vom Gefäß isolierten Kathoden und die Erregung bestehen aus dem gleichen, den niedrigen Stromstärken angepaßten Elementen. Als Zündung wird die ebenfalls schon für Großstromrichter durchentwickelte Spritzzündung verwendet (Abb. 1), bei der außer einem unverschleißbaren Verdrängerkolben keine beweglichen Teile notwendig sind. Der magnetisch betätigte Verdrängerkolben spritzt Quecksilber aus der Kathode gegen eine Zündanode, und der beim Abreißen des Strahls entstehende Funke leitet die Entladung ein.

[1]) Vgl. ETZ 59 (1938) S. 97.

War so im einzelnen umfangreiche und fruchtbare Vorarbeit geleistet, so blieb noch zu erproben, ob die pumpenlosen Klein-Eisenstromrichter das Vakuum über lange Betriebsdauern und auch über lange Betriebspausen halten und ob nicht im Laufe der Zeit durch das Eisen Fremdgase in das Gefäß eindringen und ein Wiederzünden unmöglich machen. Vor allem die Frage der Lagerungsfähigkeit hat eine große Bedeutung, weil hiermit die Verwendungsmöglichkeit der neuen Gefäße steht und fällt. Es war bereits von den großen wassergekühlten Gefäßen her bekannt, daß grundsätzlich ein geschweißter Vakuumbehälter auf lange Dauer dicht bleiben kann. Es gab hier Einheiten, die bei allerdings vergleichsweise niedrigen Belastungen schon sehr lange Zeit pumpenlos betrieben worden sind, und bei denen nur in ganz großen Zeitabständen die Vakuumhaltungseinrichtungen in Betrieb gesetzt zu werden brauchten. Um jedoch wirklich einwandfreie Ergebnisse mit pumpenlosen Gefäßen im Dauerbetrieb zu bekommen, wurden zunächst an vielen Stellen des eigenen Betriebes solche Einheiten an Stelle von Glasstromrichtern eingebaut und hoch belastet. Damit man aber nicht nur auf die Ergebnisse im eigenen Betrieb zurückgreifen mußte, wurden auch baldigst bei einigen Abnehmern, die in dankenswerter Weise der Neuentwicklung großes Interesse entgegenbrachten, solche Gefäße eingesetzt. Ebenso wurden sofort größere Lagerbestellungen aufgegeben und die Gefäße nach Entgasung und Probe auf Lager gelegt. In Abständen von jeweils mehreren Monaten wurden sie einer kurzzeitigen Probe unterworfen und festgestellt, daß sie stets betriebsbereit waren. Bei einer Reihe der in Betrieb befindlichen Einheiten waren elektrische Vakuummeßeinrichtungen angeschmolzen, mittels deren man den Verlauf des Vakuums dauernd verfolgen konnte. Es stellte sich heraus, daß innerhalb der allerersten Betriebszeit eine Verbesserung des Vakuums infolge der Getterwirkung der Wandungen eintrat und dann der erreichte Wert über die ganze Beobachtungszeit gleich blieb. Eine besonders erfreuliche Bestätigung der günstigen Ergebnisse brachten die Untersuchungen an Hochspannungs-Stromrichtern, die auf Vakuumverschlechterung entsprechend den hohen Beanspruchungen viel empfindlicher sind. Auch sie behielten dauernd ihre Einschaltfähigkeit, und es konnte z. B. eines der Gefäße nach fast einjähriger Lagerung ohne weiteres für den Betrieb eines Großsenders eingesetzt werden.

Abb. 3. Pumpenloser Klein-Eisenstromrichter für Spannungen bis 18 kV.

Sehr günstig wirkt sich bei hohen Betriebsbeanspruchungen auch die starke Getterwirkung des Quecksilberdampfes aus. Finden z. B. infolge kurzzeitiger hoher Überlastungen oder infolge von Kurzschlüssen an zu stark erwärmten Innenteilen örtliche Gasausbrüche statt, so werden die Fremdgase beim Brennen der Erregung ohne Schädigung des Gefäßes in ganz kurzer Zeit wieder niedergeschlagen. Eingehende Untersuchungen hierüber wurden im Rahmen der Entwicklung angestellt, bei denen die Gefäße bis zur Rückzündungsgrenze belastet wurden. Bei allen diesen Versuchen wurde ein weiterer wesentlicher Vorteil der Klein-Eisenstromrichter nachgewiesen, nämlich, daß sich Wärmeabgabe- und Abstrahlungsverhältnisse während der Dauer der Betriebszeit nicht ändern, so daß man also dauernd mit den gleichen Temperatur- und Dampfverhältnissen im Inneren des Kessels und damit auch mit gleichbleibender Brennspannung rechnen kann. Bei Glasstromrichtern ändern sich diese Verhältnisse insofern etwas, als es sich nicht vermeiden läßt, daß sich im Laufe der Zeit gewisse Niederschläge, insbesondere auf den Wandungen der Anodenarme, bilden und dadurch infolge Verschlechterung der Wärmeabstrahlung die Beanspruchungen des Gefäßes anwachsen. Infolge der für die Verarbeitung günstigeren Eigenschaften des Werkstoffes Eisen ließen sich die neuen Stromrichter so konstruieren, daß die Brennspannung gegenüber einem Glasgefäß gleicher Leistung bei Vollast im Durchschnitt um 10 % niedriger liegt. Man erreicht diesen Vorteil dadurch, daß man wesentlich besseren Einfluß auf die Kühlungsverhältnisse der einzelnen Stromrichterteile nehmen kann als bei Glas und z. B. an den Stellen Rippen aufschweißen kann, an denen gekühlt werden muß, während die warm zu haltenden Teile wesentlich höhere Temperaturen ohne zusätzlichen Verschleiß vertragen. Infolgedessen konnte man größere Armquerschnitte und kürzere Lichtbogenwege wählen und auch im äußeren Aufbau den Gefäßen ein technisches Aussehen geben.

Die Entwicklungsarbeiten an der neuen Bauformenreihe von pumpenlosen luftgekühlten Eisen-Stromrichtern können vorerst als abgeschlossen gelten. Man hat sich bei der Bauformenreihe zunächst auf rein luftgekühlte Ausführungen beschränkt (Abb. 2) und erreicht mit der Leistung des größten Gefäßes die des kleinsten gepumpten Eisenstromrichters mit kombinierter Wasser- und Luftkühlung für 800 A. Es ist hierdurch, reihenmäßig gesehen, der Anschluß an die bestehende Großstromrichterreihe hergestellt. Wo im Laufe der Weiterentwicklung die Grenze zwischen Stromrichtern mit und ohne Vakuumpumpe liegen wird, ist im Augenblick nicht festzulegen. Es ist ohne weiteres möglich, rein luftgekühlte pumpenlose Einheiten auch über die 1000 A-Grenze hinaus durchzubilden. Doch scheint es, daß hierbei die Abmessungen

Abb. 4. Stromrichteranlage mit Glasstromrichter 200 A, 440 V und pumpenlosem Eisenstromrichter 400 A, 440 V.

der Gefäße verhältnismäßig groß werden. Die Einführung einer zusätzlichen Wasserkühlung mit Einbau eines kleinen Rückkühlers im Ansaugstrom des Lüfters, wie für gepumpte Stromrichter bereits ausgeführt, führt zu einer technisch günstigen und wirtschaftlichen Lösung. Doch sind noch Vorarbeiten zu leisten, bis diese Aufgabe als wirklich gelöst betrachtet werden kann, weil die Vakuumverhältnisse für pumpenlosen Betrieb mit Wasserkühlung schwieriger liegen als mit reiner Luftkühlung.

Wie schon kurz erwähnt, hat sich der pumpenlose luftgekühlte Klein-Eisenstromrichter auf dem Hochspannungsgebiet einführen lassen, und zwar nach Einbau von an sich bekannten Anodenformen in die Arme der für die Niederspannungsreihe entwickelten Kessel (Abb. 3). Derartige Gefäße konnten im praktischen Betrieb erprobt werden und haben sich einwandfrei bewährt. Vom Standpunkt der Herstellung ist es zu begrüßen, daß Hoch- und Niederspannungs-Stromrichter auf gleicher Grundlage aufgebaut sind.

Pumpenlose Eisenstromrichter werden in den Anlagen genau wie Glasgefäße in die bekannten Schränke eingebaut (Abb. 4); ohne weiteres können in bereits gelieferte Glasgleichrichter-Anlagen die neuen Stromrichter eingesetzt werden. Der Aufwand für Lüftung und Erregung ist der gleiche wie bei Glasgefäßen. Die Überlastungsfähigkeit ist höher und entspricht der VDE-mäßigen Eisenstromrichter-Überlastung. Einen Vergleich des Brennspannungsverlaufes, abhängig von der Belastung, zeigt Abb. 5. Gegen niedrige Raumtemperaturen und Kälte sind die Gefäße weitgehend unempfindlich.

Zum Abschluß sei noch kurz erwähnt, daß auf Grund der Eigenschaften der Werkstoffe ein Verschleiß der Klein-Eisenstromrichter nicht zu erwarten ist. Beim Aufbau sind nur Eisen, Graphit und Porzellan verwendet worden. Der für die Entgasung der Gefäße notwendige Pumpstutzen ist aus Eisen, die Vakuumleitung wird nach der Entgasung abgeschweißt. Durch die Neuentwicklung von Glas zu Eisen ist der Stromrichter aus dem Stadium des physikalischen Apparates herausgekommen und zu einem technischen Gerät geworden. Er bedarf kaum der Wartung, und alle Teile und Einzelheiten sind nach den Gesichtspunkten des Maschinen- und Gerätebaues durchgebildet. Selbst die Reparaturfähigkeit gleicht der einer Maschine, und entsprechende Arbeiten können mit den bekannten Verfahren des Schweißens und Lötens ohne umfangreiche Sonderkenntnisse auch wiederholt ausgeführt werden. Als einziges Sonderwerkzeug benötigt man einen Pumpensatz. Selbstverständlich besteht daneben nach wie vor die Möglichkeit des Einsatzes von Reservegefäßen.

a Klein-Eisenstromrichter
b Glasstromrichter

Abb. 5. Brennspannung von Stromrichtern.

Zur Installation von Niederspannungs-Anlagen.

Von C. Meinhardt, Mannheim.

DK 621.316.1.027.2

Mit Niederspannungsanlagen kommt heute praktisch jeder Mensch täglich in Berührung, denn diese Anlagen sind zum notwendigen Zubehör aller Baulichkeiten geworden. Daher ist es selbstverständlich, daß an die Gefahrlosigkeit dieser Installationen die höchsten Ansprüche gestellt werden müssen, zumal noch dann, wenn es sich um Räumlichkeiten handelt, in denen sich viele Menschen zu versammeln pflegen, denn selbst kleine Unregelmäßigkeiten können dann leicht zur Panik und Katastrophe führen. Daß der Elektrotechniker bezüglich der Schaffung einwandfreien Materials alles erdenklich mögliche tut, zeigt die Messe vielfältig und deutlich. Wenn es trotzdem noch Anlagen gibt, deren Ausführung als gefährlich bezeichnet werden muß, so mag der Grund hierfür neben manchem anderen auch auf Unkenntnis der neuzeitlichen Installationsmittel beruhen.

Abb. 1. Zweipolige Panzersicherung.

Abb. 2. Verteilungstafel für 1 bis 4 Stromkreise.

Es erscheint reizvoll, die Kenntnis geeigneten Materials gerade an Hand praktisch beobachteter Fehlausführungen zu ermitteln, und hierfür bietet der im vorigen Jahr erschienene Aufsatz von E. Schulz und G. Paschke die besten Unterlagen[1]). Der Aufsatz berichtete ja gerade über Erfahrungen bei der Prüfung von Niederspannungsanlagen in Theatern, Lichtspielen und Versammlungsräumen. Der Leser wolle also H. 22 der ETZ 1938 zur Hand nehmen und den folgenden Ausführungen entnehmen, wie die seinerzeit beanstandeten Mängel durch Verwendung neuzeitlichen Materials zu beseitigen sind[2]); als Beispiele sind Erzeugnisse von Brown, Boveri & Cie. AG., Mannheim, gewählt.

Abb. 3. Mehrfachabzweigstück für drei Steckeranschlüsse.

Wenn man bei Bild (1) nur Mangel an fachmännischem Empfinden für die einfachsten Sicherheitsvorschriften annehmen kann, so liegt als Erklärung für die in den folgenden Bildern gezeigten Anlagen die Vermutung nahe, daß sie in Unkenntnis der vorhandenen neuzeitlichen Installationsgeräte erstellt wurden. Bild (2)

[1]) ETZ 59 (1938) S. 585.
[2]) Um die Unterscheidung zwischen alten und neuen Textbildern zu erleichtern, sind die Abbildungen des Aufsatzes Schulz-Paschke als „Bild (1)" usw. bezeichnet, die zu der hier vorliegenden Arbeit gehörigen aber als „Abb. 1" usw.

zeigt eine Sicherungstafel mit zwei Sicherungselementen in einem mehr als fragwürdigen Zustand. Wenn hierfür eine zweipolige Panzersicherung, Abb. 1, gesetzt würde, wäre der Sicherheit von Anlage, Personal und Besucher des betreffenden öffentlichen Gebäudes gedient.

Auch eine kleine Verteilungstafel nach Abb. 2 wäre an Stelle der in Bild (2) gezeigten mangelhaften Einrichtung zu empfehlen, und zwar entstehen in jedem Falle Gesamtkosten für die Änderung von wenigen Mark.

Abb. 4. Verteilungsgerät für drei Steckeranschlüsse.

Abb. 5. Reihenschalter.

Die in Bild (3) gezeigte Steckdosenverteilung muß früher oder später zu Fehlern in der Anlage führen. Schon die spannungführenden Stifte, die die Zuführung zur Verteilungsstelle bilden, sind eine beständige Gefahr für die Bedienung, weil sie eine Berührung wahrscheinlich machen und bei Anlegen der Stifte an Metall ganze Anlageteile unter Spannung setzen. An Stelle des Steckers muß hier eine Kupplung verwendet werden, und für die Steckdose wäre ein Mehrfachabzweigstück am Platze

Abb. 6. Verteilungstafel mit Elementautomaten und Drehschaltern.

Abb. 7. Verteilungstafel mit Sockelautomaten.

(Abb. 3). Das Abzweigstück kann fest angebracht werden, ist aber auch als ortsveränderliches Gerät verwendbar. Das Gehäuse besteht aus schlagfestem Isolierpreßstoff, das Kupplungsstück wird auf die spannungslosen Steckerstifte des Verteilerkopfes aufgeschoben und mit dem Überwurfring festgehalten. Aus den drei in T-Form angeordneten Schuko-Steckdosen kann dann Strom gefahrlos entnommen werden. Die Aufgabe wäre auch mit einem Verteilungskasten nach Abb. 4 zu lösen. Er hat bei gleichen Anschlußmöglichkeiten noch den Vorteil, daß jeder einzelne abgehende Stromkreis für sich durch zwei Stotz-Automaten gesichert wird. Fehler oder Kurzschlüsse setzen jeweils nur einen Stromkreis still, während die beiden anderen unberührt bleiben; außerdem braucht keine Sicherung ersetzt zu werden, sondern die Automaten werden durch eine Hebeldrehung wieder eingeschaltet.

In Farbwechsel-Schaltanlagen, wie sie Bild (4) in primitivster Ausführung zeigte, gehören neuzeitliche Reihenschalter (Abb. 5). Bis zu 16 Schaltelemente können übereinander angeordnet und mit einem Griff in Betrieb gesetzt werden. Für Großanlagen werden mehrere derartige Reihenschalter mit gemeinsamer Betätigung nebeneinander zusammengebaut. Dabei liegen doch alle Klemmen offen und leicht zugänglich, so daß nachträgliche Änderungen in der Schaltung sehr einfach sind. Alle Einzelteile der Schalter können spielend leicht ausgewechselt werden. Die offene Anordnung vermittelt eine Übersicht, die der Klarheit eines zeichnerischen Schaltschemas gleichkommt.

Sehr lehrreich ist Bild (6), das einen Beleuchter für Bühnenbeleuchtung zeigt. Die Ausführungen über Reihenschalter gelten hier sinngemäß. Vorteilhaft kann man hier aber auch eine Kleinverteilungstafel mit Sicherungen oder besser mit Kleinautomaten und Schaltern anwenden (Abb. 6 und 7). Nach einem gelieferten Schaltplan werden diese Tafeln von dem Hersteller fix und fertig verdrahtet geliefert.

Eine Anordnung, wie sie Bild (7) zeigte, muß einen gewissenhaften Installateur schaudern lassen, zumal ihm zweckmäßige Mehrfachsteckdosen zur Verfügung stehen.

Abb. 8. Verteilungstafel in Schrankgehäuse.

Mit Bezug auf die Bilder (8) und (9)soll noch kurz auf neuzeitliche Großverteilungen hingewiesen werden, die in bereits bestehenden, besonders aber in neuen Anlagen für Bühnen unbedingt eingebaut werden sollten.

In Bild (8) sind hochwertige Filmvorführapparate der Verschmutzung und Beschädigung in wirrem Durcheinander ausgesetzt. Elektrische Leitungen für Beleuchtung und Motorantrieb liegen frei herum und sind der Gefahr ausgesetzt, jederzeit abgerissen, abgequetscht oder geknickt zu werden. Vermutlich ist die zugehörige, im Bild nicht sichtbare Sicherungstafel in ähnlich trostlosem Zustand. Das Gegebene ist für derartige Fälle z. B. die in Abb. 8 gezeigte Verteilungstafel, die Sicherungen und Apparate zusammenfaßt, eine ortsfeste und daher sichere Leitungsverlegung ermöglicht und so Geräte und Menschen, die Anlage und das Gebäude schützt. Ein einfacher verschließbarer Schrank enthält dann auf einem Eisengerüst montiert sowohl die wertvollen Vorführgeräte als auch die zugehörigen Sicherungsteile der elektrischen Anlage. Alle Teile sind auf diese Art vor mechanischer Beschädigung geschützt, alle liegen im Handbereich bequem bedienbar; Steckdosen für Kraft und Licht sind vorhanden. Sicherungselemente oder besser Kleinautomaten schützen Leitung und angeschlossene Geräte vor gefährlicher Überlastung. Alle Teile sind durch Bezeichnungsschildchen kenntlich gemacht. Die ganze Anlage, die selbst für den mit der Bedienung Vertrauten bei Ausführung nach Bild (8) und (9) Schwierigkeiten macht, kann bei verhältnismäßig billiger Ausführung selbst von einem nicht Eingeweihten bedient werden.

Besorgniserregend an den Beispielen in der ETZ H. 22 (1938) ist, daß wahrscheinlich ähnliche Zustände auch noch in vielen, zumal kleineren Industrieunternehmungen und gewerblichen Betrieben angetroffen werden können. Auch auf Meßplätzen und in Schaubuden sieht man häufig Verteilungsanlagen, die alles andere als vorbildlich oder gefahrlos genannt werden können.

„Kampf der Gefahr" ist aber heute eine sehr lebendige Losung, und die Anstrengungen, die in dieser Richtung z. B. im öffentlichen Verkehr gemacht werden, sollten jeden verantwortungsbewußten Betriebsführer veranlassen, in seiner unmittelbaren Umgebung gewissenhaft alle Gefahrenquellen zu beseitigen; die Mittel, derer er dazu bedarf, kann ihm die Elektrotechnik sämtlich bieten.

Trocken-Schaltschränke für 10 kV.

Von K. Bauerschmidt VDE, Berlin.

DK 621.316.342

Die Vorzüge gekapselter Schaltanlagen (wenig Raumbedarf, geringe Montagekosten, Schutz der eingebauten Geräte gegen Feuchtigkeit und Verschmutzung) lassen sich für ein um so größeres Anwendungsgebiet nutzbar machen, je mehr es gelingt, die einzelnen Schaltschränke zu einem möglichst vollständigen Schaltfeld auszugestalten und dieses hinsichtlich eines klaren, übersichtlichen Einbaues der einzelnen Geräte und deren guter, gefahrloser Zugänglichkeit den Schaltanlagen offener Bauart anzunähern bzw. gleichwertig zu machen.

Diese Annäherung an andere Schaltanlagen soll aber vor allem auch in der Wahl der Geräte vorhanden sein. Die sich immer mehr steigernde Einführung ölloser Hochspannungsschaltanlagen läßt es als das Gegebene erscheinen, die Vorzüge solcher Schaltanlagen auch auf die Hochspannungs-Schaltschränke zu übertragen. Es sind daher von der AEG für 10 kV Schaltschränke entwickelt worden, die neben dem Leistungsschalter auch alle übrigen Geräte in öl- und masseloser Ausführung enthalten, also reine Trockenschaltschränke; im übrigen ist den eingangs erwähnten Gesichtspunkten in weitem Maße Rechnung getragen.

Der Verwendungsbereich eines Schaltfeldes wird im wesentlichen bestimmt durch den Leistungsschalter. Der hier normal verwandte Hartgasschalter (kompressorloser Druckgasschalter) Form CKL ist bemessen für 400 A Nennstrom; er wird für Abschaltleistungen von 100 bzw. 200 MVA bei 10 kV eingebaut (Abb. 1 a u. b). Bei 6 kV betragen die Schaltleistungen etwa 75 % der vorgenannten Werte. Diese Hartgasschalter erzeugen sich das zur Löschung des Lichtbogens erforderliche Druckgas beim Abschaltvorgang selbst und sind unabhängig von einer besonderen Druckgasanlage. Sie eignen sich daher vorzüglich für die große Zahl einzelner Schaltstellen und kleiner Gruppen von Schaltfeldern (Abb. 1 bis 3).

Für Schaltanlagen mit mehr als etwa fünf Leistungsschaltern tritt der fremdbeblasene Druckgasschalter erfolgreich in Wettbewerb, da hier der Kompressoranteil keine wesentliche Rolle mehr spielt. Dieser Gesichtspunkt ist bei der Planung von Schaltanlagen zu berücksichtigen. Außerdem ist bei besonders schwer beanspruchten Schaltstellen (Elektroöfen, Walzenstraßen, Förderanlagen u. dgl.) in allen Fällen auf fremdbeblasene Druckgasschalter zurückzugreifen, da deren Kontakte besonders leistungsfähig sind bei großer Schalthäufigkeit mit öfteren Kurzschlüssen. Die normalen Trockenschaltschränke können statt des Hartgasschalters einen fremdbeblasenen Druckgasschalter Reihe 10 aufnehmen, welcher bei 6 kV 150 MVA Abschaltleistung besitzt; Betriebsdruck rd. 10 atü (Abb. 2).

a b

Abb. 1. Trockenschaltschrank

a Tür geöffnet b Feld ausgefahren (Zwischenwände der Übersichtlichkeit wegen abgenommen).

Eine weitere Ausführung von Trockenschaltschränken ist für Anschlußstellen mit mäßigem Nennstrom, aber hoher Kurzschlußleistung des Netzes vorgesehen. Hier wird ein Hartgas - Leistungstrennschalter mit in Reihe liegenden Hochleistungssicherungen eingebaut. Letztere haben eine Abschaltleistung von 400 bzw. 500 MVA und übernehmen im Kurzschlußfalle die Stromtrennung; durch das Energiekennzeichen der Sicherung wird anschließend der Leistungstrennschalter ausgelöst und damit eine allpolige Abschaltung bewirkt. Der Leistungstrennschalter dient zum Schalten des Betriebsstromes und gegebenenfalls zur selsttätigen Unterbrechung bei mäßigen Überlastungen (Abb. 3).

Diese aus kräftigem Stahlblech gebauten Trockenschaltschränke enthalten alles, was zu den Zubehörteilen eines normalen Schaltfeldes gehört: Leistungsschalter, Trennschalter, ferner nach Bedarf Stromwandler, Spannungswandler, Meßgeräte und Sammelschienen; außerdem ist Raum vorgesehen für Kabelendverschlüsse. Ein sehr übersichtlicher Einbau konnte dadurch erreicht werden, daß gewissen Teilen mehrere Aufgaben zugeordnet wurden. Die Stromwandler sind auf den Durchführungen des Leistungsschalters angebracht; letztere dienen gleichzeitig als Kontaktträger für den Trennschalter. Die Trennschalter wiederum befinden sich teils am festen, teils am fahrbaren Teil des Schaltfeldes (s. auch weiter unten) und machen damit besondere Steckkontakte überflüssig. Diese Bauart erspart außerdem eine große Zahl von Verbindungsleitungen und verringert so die Stromübergangsstellen im Schaltfeld erheblich.

Zur Frage der Zugänglichkeit der eingebauten Geräte: Bisher versah man im allgemeinen gekapselte Schaltfelder mit einer vorderen Tür oder machte das ganze Feld ausfahrbar. Erstere Art erlaubt wohl auf bequeme Weise einen Einblick in das Schaltfeld; im Störungsfalle ist jedoch eine gründliche Nachprüfung erschwert, weil die eingebauten Teile von der Tür aus meist nicht genügend zugänglich sind. Die Ausfahrbarkeit des Feldes dagegen gestattet zwar eine gute Zugänglichkeit der einzelnen Geräte, für eine einfache, laufende Betriebsüberwachung ist jedoch dies Ausfahren zu umständlich und zeitraubend; außerdem ist es vielfach unerwünscht, enge Gänge u. dgl. mit dem herausgezogenen Schaltfeld zu versperren. In den Trockenschaltschränken ist durch Vereinigen beider Systeme ein Höchstmaß an Erleichterungen für die Betriebsüberwachung geschaffen worden. Sie haben eine vordere Tür für die laufende Betriebskontrolle und sind außerdem ausfahrbar für den Fall einer umfassenderen Untersuchung. Die Betriebsfähigkeit der übrigen Anlage wird hierbei in keinem Falle gestört (Abb. 1 a u. b).

e Spannungswandler
f Durchführungsstromwandler
g Trennschalter (am fahrbaren Teil)
h Trennschalterkontakt (feststehend)
i Sammelschiene
k Kabelendverschluß
l Sicherungen für Spannungswandler
m Trennschalterantrieb
n Steuerventil
o Druckgasschalter
p Vorschaltarmatur
q lösbare Kupplung
r Überstromauslöser

Abb. 2. Schaltfeld mit fremdbeblasenem Druckgasschalter.

Eine gefahrlose Bedienung ist durch entsprechende mechanische Verriegelungen sichergestellt. Die Tür kann nur göffnet bzw. das Feld nur herausgezogen werden, wenn vorher die Trennschalter ausgeschaltet wurden. Die Trennschalter selbst lassen sich nur stromlos schalten. Bei herausgefahrenem Feld verbleiben im Gehäuse nur die Sammelschienen, Endverschlüsse und ein Teil der Trennschalter. Diese Teile sind aber durch abschraubbare Schutzwände aus gelochtem Blech einer unbeabsichtigten Berührung entzogen. Ein Wiedereinschalten ist nur nach Schließen der Tür möglich.

Die Meßinstrumente sind ebenso wie die Wandler auf dem ausfahrbaren Teil angeordnet, so daß ein Trennen der Meßleitungen beim Herausfahren vermieden wird. Normal sind die Trockenschaltschränke für einen Satz Sammelschienen eingerichtet; beim Doppelsammelschienensystem wird ein Aufsatz nebst zweitem Trennschalter zugefügt. Die Schränke sind tropfwasserdicht und können auch staubdicht ausgeführt werden.

Die Hartgasschalter an sich sind bereits in früheren Veröffentlichungen[1]) mehrfach behandelt worden. Für den Einbau in die Schaltschränke wurden die Schalldämpfer den engen räumlichen Verhältnissen angepaßt. Die Möglichkeiten selbsttätiger Auslösung sind die gleichen wie bei jedem anderen Leistungsschalter. Betätigt werden diese Schalter von Hand durch einen Hebel mit Doppelgriff; jedoch ist auch Fernbetätigung durch ein angebautes Motorgetriebe (Drehstrom) möglich; für Synchronisieren erhält dieses Getriebe eine Sonderausführung. Ein Notschalthebel ermöglicht im Störungsfalle auch hier die Handbetätigung des Schalters. Die Trennschalter werden ebenfalls von der Schaltwand aus betätigt. Sie sind als Schubschalter ausgebildet und ersetzen, wie schon erwähnt, infolge ihrer besonderen Anordnung gleichzeitig die sonst üblichen Steckkontakte. Für letztere Aufgabe war natürlich ein besonders zuverlässiger Kontakteingriff auch bei meist unvermeidlichen kleinen maßlichen Abweichungen notwendig. Dies wurde erreicht einmal durch die Ausbildung der Kontakte selbst und ferner durch eine entsprechende Einlaufsführung für den fahrbaren Teil des Schaltfeldes.

l Hochleistungssicherungen o Hartgas-Leistungstrennschalter
p Schalterantrieb übrige Buchstabenerklärung siehe Abb. 2

Abb. 3. Schaltfeld mit Hartgas-Leistungstrennschalter und Hochleistungssicherungen.

Die Stromwandler sind als Einleiterwandler kurzschlußfest; sie sind verwendbar bis herunter zu 20 A Primärstrom. Für noch kleinere Primärströme ist Raum für besondere öllose Wandler vorgesehen. Die Spannungswandler (Einphasenwandler) sind ebenfalls öllos; nach der Sammelschienenseite sind sie durch Sicherungen ausreichender Abschaltleistung gesichert. Für Drehstrom werden zwei Wandler in V-Schaltung verwendet. An Meßinstrumenten können normalerweise bis zu drei auf dem oberen Teil der Vorderwand untergebracht werden; einer größeren Zahl von Meßgeräten wird durch einen besonderen Aufbau auf der Schaltwand Rechnung getragen.

Die Trockenschaltschränke werden in einer Einheitsbauweise mit immer gleichem Gehäuse und dazu passendem Fahrgerüst hergestellt, so daß auch nachträglich jede Anlage durch Anfügen weiterer Felder beliebig erweitert werden kann.

[1]) Siehe u. a. O. Mayr, VDE-Fachber. 8 (1936) S. 142. — Bauerschmidt, AEG-Mitt. (1937) H. 3, S. 83. — Biermanns, ETZ 59 (1938) S. 165 u. 194. — Petermichl, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) H. 22, S. 286.

Ein neuartiger Fließofen mit Wärmerückgewinnung.

Von **A. H. Dohns**, Berlin.

DK 621.365.413

Elektrisch beheizte Fließöfen werden als Glühöfen bei größeren Erzeugungsmengen bereits seit längerer Zeit verwendet. Sie haben ihre Einführung neben den sonstigen Vorteilen der elektrischen Beheizung vor allem dem Umstand zu verdanken, daß sie sich in den Fertigungsgang gut einordnen und ein gleichmäßig geglühtes Produkt erreichen lassen. Wenn die Glühbehandlung ein langsames Abkühlen des Glühgutes zuläßt, kann außerdem durch Anwendung einer Wärmerückgewinnung der Energieverbrauch je Tonne Glühgut sehr niedrig gehalten werden.

Nachstehend wird ein Zweibahn-Stoßofen der SSW beschrieben, bei dem die Aufgabe der Wärmerückgewinnung dadurch gelöst wurde, daß die beiden Stoßbahnen übereinander angeordnet wurden. Dieser Ofen eignet sich besonders auch zum Glühen von empfindlichen Teilen, die z. B. in einem Trommelofen verbeult und beschädigt würden. Bei dem im Längsschnitt abgebildeten Ofen (Abb. 1)[1]) wird das Glühgut auf einer Unterlage ruhend durch den Ofen befördert, was besonders im Bereich der Glühzone sehr wichtig ist. Hierzu dienen Blechtassen, die aufeinanderfolgend durch den Ofen gestoßen werden. Sie durchlaufen zunächst die Wärmeaustauschkammer und nehmen dabei die Wärme von den fertig geglühten, auf der unteren Stoßbahn befindlichen Werkstücken auf. In der Glühkammer werden sie dann auf die eigentliche Glühtemperatur erwärmt, an der Umkehrstelle des Ofens durch einen senkbaren Tisch in die untere Stoßbahn abgesenkt und dann im Gegenlauf zurückbefördert. Auf dieser unteren Stoßbahn wird das Glühgut zunächst noch eine gewisse Zeit lang auf der Glühtemperatur gehalten, damit es sich vollständig und gleichmäßig durchwärmt, um dann abzukühlen und hierbei das neu eingesetzte kalte Glühgut auf der oberen Stoßbahn vorzuwärmen. Die weitgehend abgekühlten Teile gelangen schließlich auf einen zweiten Umsetztisch. Beim Heben dieses Tisches wird die Blechtasse durch Auskippen entleert, wodurch das Glühgut den Ofen durch einen Ausfalltrichter verläßt. Die geleerte Tasse wird sodann wieder mit neuem Glühgut gefüllt.

Mit dem Ofen können Werkstücke aus Messing, Eisen oder aus Eisen mit einer aufplattierten Schicht aus Kupfer oder Tombak geglüht werden. Da bei Werkstücken aus Messing bei Glühtemperaturen über 480° Blankglühen wegen der Zinkdiffusion nicht gelingt, muß solches Glühgut nach der Glühung noch gebeizt werden. Dies erfolgt in einer Beiz- und Wascheinrichtung, die sich an den Ofen anschließt und in welche die Messingteile beim Kippen des Tisches fallen. Werkstücke aus Eisen oder kupfer- bzw. tombakplattierte Eisenteile können dagegen unter Verwendung von Schutzgas blankgeglüht werden, so daß sich bei solchem Glühgut ein nachträgliches Beizen, Waschen und Trocknen erübrigt. An die Stelle der Beiz- und Wascheinrichtung tritt dann ein Kühlkanal, in dem die Werkstücke auf einem Transportband in der Schutzgasatmosphäre bis auf eine Temperatur abkühlen, bei der sie nicht mehr anlaufen.

Damit beim Blankglühen von Eisenteilen möglichst wenig Schutzgas verbraucht wird, ist das Ofengehäuse gasdicht geschweißt. Die gasdichte Verbindung zwischen der abhebbaren Ofendecke und dem feststehenden Ofenkörper wird durch eine Flüssigkeitstasse hergestellt. Zur Einschränkung der Schutzgasverluste beim Beschicken des Ofens dient eine Glühgutschleuse. Zum gasdichten Ab-

[1]) Ein Modell des Ofens wird auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1939 in Halle 21 gezeigt.

a Beschickungsschleuse b_1, b_2 Stoßbahn c_1, c_2 Umsetztische d_1, d_2 elektrisch betätigte Stoßmaschine *e* Antrieb der Umsetztische *f* elektrische Heizelemente *g* Ausfallschacht

Abb. 1. Längsschnitt durch den Zweibahn-Stoßofen.

schluß am Ausbringende des Ofens dient ein mit Flüssigkeit gefüllter Transportbehälter, in den die Teile einfallen, ohne mit der Außenluft in Berührung zu kommen.

Das Schutzgas wird durch unvollkommene Verbrennung von Propan- und Leuchtgas hergestellt und der Ofenanlage an drei verschiedenen Stellen zugeführt. Der Schutzgasverbrauch beträgt 16 m³/h, was einem Propanverbrauch von etwa 1,5 kg/h bzw. einem Leuchtgasverbrauch von 4,5 m³/h entspricht.

Der Antrieb der beiden Stoßvorrichtungen und der Umsetztische erfolgt elektromotorisch und vollständig selbsttätig. Sämtliche Bewegungsvorgänge sind gegeneinander verriegelt. Die jeweilige Betriebsstellung wird dem Arbeiter an der Beschickungsseite durch Lichtsignale angezeigt. Mit einem Zeitrelais können verschieden lange Durchlaufzeiten eingestellt werden. Durch den Einbau von Umwälzlüftern in der Wärmeaustauschzone kann der Wärmeaustausch noch verbessert werden. Es hat sich jedoch gezeigt, daß bei leichtem Glühgut hierdurch eine Verringerung des spezifischen Energieverbrauches infolge des zusätzlichen Verbrauches für die Lüftermotoren nicht erzielt werden kann.

Der beschriebene Ofen hat eine Nutzbreite von 600 mm und eine innere Länge von 5100 mm. Bei verhältnismäßig sperrigen Teilen aus Messing ist eine stündliche Durchsatzleistung von 300 bis 450 kg je nach der Werkstückform zu erzielen. Der spezifische Energieverbrauch bei einer Glühtemperatur von rund 600 ° und voller Ausnutzung des Ofens beträgt hierbei etwa 60 kWh/t. Beim Blankglühen von gleichfalls verhältnismäßig sperrigen Eisenteilen liegt die stündliche Durchsatzleistung bei etwa 220 kg, bei der der spezifische Energieverbrauch 118 kWh/t bei 750 ° ist. Der Anschlußwert des Ofens beträgt 60 kW. Die Temperatur wird selbsttätig durch zwei Druckbügelregler geregelt. Neben dem Vorzug des geringen Energieverbrauches hat die beschriebene Bauart gegenüber anderen Konstruktionen noch folgende Vorteile aufzuweisen: Während andere Öfen beim Übergang von einer Glühware zur anderen erst leer gearbeitet werden müssen, um eine Vermischung verschiedener Glühware zu vermeiden, ist dies hier wegen der Verwendung einzelner Blechtassen nicht notwendig. Der Zweibahn-Stoßofen kann ohne jede Beschickungspause sofort mit einer anderen Glühware beschickt werden. Da die Fortbewegung zwangläufig und unabhängig von unkontrollierbaren Zufälligkeiten vor sich geht, ist auch die Durchlaufzeit für eine bestimmte Glühware immer die gleiche. Damit bleiben auch die Schwankungen in den physikalischen Eigenschaften der geglühten Teile weit unterhalb der zulässigen Toleranzen. Daß ein bezüglich Formhaltigkeit und Oberflächenaussehen empfindliches Glühgut mit dem beschriebenen Ofen sehr schonend behandelt werden kann, wurde schon eingangs gesagt. Dies ist besonders wichtig, wenn plattierte Werkstücke geglüht werden sollen und die dünne Schicht der Plattierung nicht verletzt werden darf. Durch diese Vorzüge wird dem Zweibahn-Stoßofen mit Wärmerückgewinnung ein breiter Verwendungsbereich eröffnet.

Löschrohrableiter und ihre Anwendungsmöglichkeiten.

(Mitteilung aus dem Überspannungs-Versuchsfeld der Siemens-Schuckertwerke AG. Berlin.)

Von R. Foitzik VDE, Berlin.

DK 621.316.933.9

Gewitterschutz der Freileitungsisolation.

Zur Vermeidung von Gewitterschäden in Hochspannungs**stationen** mit angeschlossenen Freileitungen werden die bekannten nach dem Ventilprinzip arbeitenden Überspannungsableiter (z. B. Kathodenfallableiter und SAW-Ableiter) seit Jahren mit Erfolg verwendet, während die „**Löschrohrableiter**" (selbstlöschende Schutzfunkenstrecken) die Aufgabe haben, in erster Linie die **Freileitungsisolation** vor Gewitterüberschlägen zu schützen. In den V. S. Amerika werden bereits seit langem Freileitungen mit ähnlichen Geräten ausgerüstet, vor allem um Betriebsunterbrechungen zu vermeiden, die durch einpoligen Überschlag an einem Isolator der Freileitung bei starr geerdetem Sternpunkt auftreten. Die Sternpunkte der deutschen Freileitungsnetze sind heute zum größten Teil über einen Erdschlußlöscher mit Erde verbunden; sie sind deshalb erheblich weniger Störungen durch Gewitter ausgesetzt als die amerikanischen Netze, da einpolige Überschläge nicht zu Auslösungen führen und der Erdschluß-Reststrom wegen seines kleinen Betrages von selbst schnell gelöscht wird. Zur Vermeidung von Gewitterüberschlägen auf der Leitung stehen außerdem zwei Mittel zur Verfügung, von denen bei uns seit jeher in ausgedehntem Umfang Gebrauch gemacht wird: das Erdseil in Verbindung mit der guten Masterdung.

Obgleich es möglich sein müßte, mit Hilfe dieser drei Maßnahmen die Freileitung vollständig gewittersicher auszubilden, zeigt doch die Störungsstatistik unserer Elektrizitätswerke, daß bei Gewittern oft genug Stromunterbrechungen infolge von Überschlägen auf der Leitung auftreten. Die Gründe dafür sind, daß zweipolige Überschläge, also Doppelerdschlüsse auf der Leitung relativ häufig auftreten. Das Erdseil bietet keine unbedingte Gewähr dafür, daß direkte Blitzschläge ins Leitungsseil vermieden werden. Das gilt insbesondere für ältere Erdseilanordnungen und hohe Betriebsspannungen, wo nur ein Seil verhältnismäßig niedrig über den weit ausgelegten Leitern angebracht ist. Schließlich hat man mitunter bei der Herstellung einer guten Masterde mit Geländeschwierigkeiten zu kämpfen. In Gegenden mit felsigem oder sandigem Untergrund bei tiefem Grundwasserspiegel gelingt es meistens schwer, manchmal nur mit großem Kostenaufwand, den Erdwiderstand der Maste gegen die absolute Erde einigermaßen niedrig zu gestalten. Man ist in solchen Fällen zufrieden, wenn man wenigstens Mastwiderstände von 100 bis 50 Ω erreicht. Die Folge davon ist, daß z. B. bei einer 100 kV-Leitung mit einer Mindeststoßüberschlagspannung der Isolation von 800 kV schon Blitzschläge von nur 10 bis 20 kA zum rückwärtigen Überschlag führen. Da die Ströme im Blitzkanal aber in den meisten Fällen über 10 bis 20 kA liegen, während Blitze mit weniger als 10 kA seltener vorkommen, wird in Gegenden mit schlechter Masterdung fast jeder Blitzschlag in das Erdseil einen rückwärtigen Überschlag herbeiführen. Hinzu kommt noch, daß felsiger Untergrund meistens in gebirgigem Gelände angetroffen wird, wo die über Bergrücken laufende Leitung schon wegen ihrer Lage Blitzschlägen stark ausgesetzt ist.

Es ist nun die Aufgabe der Löschrohrableiter, die infolge schlechter und kaum verbesserungsfähiger Masterdungsverhältnisse regelmäßig durch Gewitter gestörten Hochspannungsleitungen vor Ausfällen zu schützen. Ferner wird man Löschrohrableiter zum Leitungsschutz auch in solchen Fällen verwenden, wo deren Einbau billiger als die Herstellung einer guten Masterde bei ungünstigen Bodenverhältnissen ist.

Die Siemens-Schuckertwerke haben in Anlehnung an die in V. S. Amerika gebräuchlichen Geräte neuerdings diese Löschrohrableiter zum Einbau in die Freileitung für Betriebsspannungen oberhalb 30 kV entwickelt. Die Löschrohrableiter unterscheiden sich von den amerikanischen Ausführungen, da mit Rücksicht auf die deutschen Netz-

verhältnisse nicht nur die normalerweise am Ableiter liegende Phasenspannung, sondern im Falle eines festen Erdschlusses einer Nachbarphase auch die verkettete Spannung gelöscht werden muß. Der grundsätzliche Aufbau der von uns „Löschrohrableiter" genannten selbstlöschenden Schutzfunkenstrecken ist in Abb. 1 wiedergegeben. In ein Isolierrohr ragt an dem einen Ende eine vorgeschobene stabförmige, an dem anderen eine rohrförmige Elektrode hinein, die im allgemeinen an Erde angeschlossen wird. Eine äußere Vorfunkenstrecke trennt das Rohr von der dauernden Einwirkung der Betriebsspannung. Die innere und äußere Funkenstrecke zusammen haben natürlich eine kleinere Überschlagspannung als die zu schützende Isolation. Die Vorfunkenstrecke ist so bemessen, daß selbst bei der höchstzulässigen verketteten Betriebsspannung keine Vorentladungen auftreten. Nach dem Ansprechen des Löschrohrableiters infolge einer Überspannung wird der nachfolgende Erdschluß- oder Kurzschlußstrom nach dem Prinzip der Auspuffsicherung gelöscht: Unter der Einwirkung des im Rohrinnern brennenden Lichtbogens wird aus den Wandungen des Isolierrohres plötzlich eine erhebliche Gasmenge freigemacht. Die dadurch hervorgerufene starke Gasströmung bringt den Lichtbogen im allgemeinen beim ersten Stromnulldurchgang zum Erlöschen. Diese normalen Löschrohrableiter vermögen Kurzschlußströme bis zu 3000 A bei der verketteten Spannung zu löschen.

In Abb. 2 ist ein Löschrohrableiter für eine Betriebsspannung von 110 kV dargestellt. Er besteht aus zwei hintereinander geschalteten winkelförmig angeordneten Löschrohren, die unmittelbar an der Hängekette befestigt sind. Die äußere Lufttrennstrecke liegt in diesem Falle zwischen beiden Löschrohren. Dieser Ableiter ist in der Lage, eine sechsgliedrige Hängekette aus K3-Isolatoren zu schützen. Abb. 3 zeigt einen Löschrohrableiter für 110 kV beim Ansprechen auf dem Prüfstand. Man erkennt die von beiden Rohren schräg nach unten ausgestoßenen Lichtbogengase sowie den die Luftstrecke überbrückenden Lichtbogen; der Kurzschlußstrom betrug dabei 1700 A. Die Löschung des nachfolgenden Betriebsstromes erfolgt nach einer Halbwelle, wie aus dem gleichzeitig aufgenommenen Oszillogramm hervorging.

Abb. 1. Schnitt durch einen Löschrohrableiter.

Abb. 2. Löschrohrableiter für 110 kV zum Schutz der Freileitungsisolation.

Schutz der Freileitungsisolation bei Mittelspannung.

Mittelspannungsleitungen sind in den meisten Fällen auf Holzmasten verlegt; Holzmastleitungen sind aber, wenn ihre Traversen nicht geerdet sind, wegen ihrer hohen Stoßüberschlagspannung von rd. 5 Mill V außerordentlich gewitterfest. Der Einbau von zusätzlichen Geräten zum Schutz der Freileitung selbst ist also überflüssig und unerwünscht. Man wird deshalb den Einbau von Löschrohrableitern nur auf die im Zuge der Holzmastleitungen angeordneten Eisenmaste beschränken, die man z. B. an Wegkreuzungen oder als Eckmaste verwendet. Naturgemäß wirken sich Gewitterstörungen stets an diesen Eisenmasten aus, da sie gegen Überspannungen eine besonders schwache Stelle in der Reihe der Holzmaste darstellen; durch Einsatz von Löschrohrableitern an diesen Stellen ist es nun möglich, auch in Mittelspannungsnetzen bei Gewitter den Betrieb störungsfrei aufrechtzuerhalten.

Abb. 3. Löschrohrableiter für 110 kV beim Ansprechen auf dem Versuchsstand.

Weiterhin empfiehlt es sich, die letzten Holzmaste vor einer Station mit Löschrohrableitern auszurüsten, falls an der Stelle nicht ohnehin zu schützende Eisenmaste stehen. Durch den Einbau der Löschrohrableiter wird die Höhe der in die Station einziehenden Überspannungswelle und deren Energieinhalt auf ein erträgliches Maß herabgesetzt; diese Löschrohrableiter stellen dann einen hervorragenden Grobschutz dar und dienen zur Entlastung der wertvollen, zum Schutz der Station dienenden Überspannungsableiter.

Löschrohrableiter zum Stationsschutz für Mittelspannung.

Die Freileitungsisolation läßt sich durch Löschrohrableiter verhältnismäßig einfach schützen, weil ihre Stoßüberschlagspannung hoch ist. Ein Schutz der meist tiefer liegenden Stationsisolation durch Löschrohrableiter ist dagegen erheblich schwieriger, denn beim Löschrohrableiter sind Schutzvermögen und Löschfähigkeit in entgegengesetzt wirkender Abhängigkeit miteinander verknüpft. Für einen einwandfreien Schutz der Stationsisolation wäre ein kleinerer Elektrodenabstand der im Rohrinnern befindlichen Funkenstrecke erforderlich; damit wird aber bei einer bestimmten Betriebsspannung die Löschwirkung herabgesetzt; d. h., der Strombereich und der Frequenzbereich der wiederkehrenden Spannung, bei

dem noch eine Löschung erfolgt, wird bedeutend verschmälert. Um einen großen Bereich des nachfolgenden Erdschluß- bzw. Kurzschlußstromes beherrschen zu können, darf also der Abstand der Innenelektroden des Löschrohres ein angemessenes Verhältnis zur Betriebsspannung nicht unterschreiten.

Um nun einen, wenn auch beschränkt brauchbaren Löschrohrableiter zum Gewitterschutz der Stationsisolation zu erhalten, der durch eine Verkürzung des Elektrodenabstandes keine wesentliche Beeinträchtigung seiner Löschfähigkeit erfährt, haben die Siemens-Schuckertwerke eine Gleitelektrodenanordnung eingeführt. Mit Hilfe dieser zusätzlichen Gleitelektrode ist es möglich, ein gutes Schutzvermögen für die Stationsisolation bei Erfassung eines großen Löschstrombereiches zu erreichen. Die grundsätzliche Anordnung des Gleitbelages geht aus Abb. 1 hervor. Man sieht, daß der Gleitbelag fast die gleiche Länge hat wie die Schlagweite zwischen den inneren Elektroden, jedoch mit keiner der Elektroden elektrisch verbunden ist. Aus Kathodenstrahl-Oszillogrammen wurde ermittelt, daß der Gleitbelag bei Stoßentladungen ein Potential annimmt, das ziemlich genau auf der Hälfte zwischen den beiden Elektroden liegt. Dieser Gleitbelag hat eine Erniedrigung der Stoßansprechspannung des Löschrohrableiters zur Folge. Gleichzeitig wird der Stoßfaktor verkleinert, da die Wechselansprechspannung durch den Gleitbelag nicht herabgesetzt wird. Außerdem beseitigt diese Gleitelektrode nahezu den sonst großen Unterschied in der Stoßansprechspannung bei den beiden Polaritäten. Auch die Ansprechverzögerung bei hohen Stoßspannungen (Überschießen!) wird herabgesetzt. Man erhält deshalb einen ziemlich flachen Verlauf der Stoßkennlinien der Löschrohrableiter, wie aus Abb. 4 deutlich zu ersehen ist. Zum Vergleich sind die Stoßkennlinien von Innenraumstützern bei positiver Polarität wiedergegeben. Es geht daraus hervor, daß Innenraumstützer für Mittelspannung auch im ungünstigen Fall noch geschützt werden.

Abb. 4. Stoßkennlinien von Löschrohrableitern und Innenraumstützern bei positiver Polarität. Stoßwelle 0,5 | 50 µs.

Im Bereich der Mindeststoßüberschlagspannung bei großen Verzögerungszeiten liegt der Isolationspegel der Station, d. i. die von der Stationsisolation sicher ausgehaltene Stoßgrenzspannung, oberhalb der Ableiterkennlinie. Während in diesem Bereich die Isolation bestimmt geschützt wird, ist im Gebiete kleinerer Verzögerungen, d. h. beim Auftreten hoher Überspannungen, ein vollständiger Schutz der Stationsisolation nur unsicher oder gar nicht möglich. Man ersieht aus Abb. 4, in der für die Reihenspannungen von 10 und 20 kV der Isolationspegel eingezeichnet ist, daß im Gebiete kleiner Ansprechverzögerungen der Isolationspegel von der Ableiterkennlinie geschnitten wird. Die erheblich tiefer liegenden Kennlinien der neuzeitlichen Ventilableiter, z. B. Kathodenfallableiter, überschneiden diesen Stoßpegel dagegen in keinem Falle. Bei Löschrohrableitern ohne Gleitanordnung, wobei die Ableiterkennlinie höher liegt und weniger flach verläuft, ist die Schutzwirkung in diesem obengenannten Gebiet noch geringer.

Abb. 5. Löschzeiten von Löschrohrableitern für 20 kV abhängig von der Stromstärke bei verschiedenen Einschwingfrequenzen der wiederkehrenden Betriebsspannung.

Dank der Gleitelektrode ist es möglich, ohne Verschlechterung der Schutzwirkung des Löschrohrableiters einen im Verhältnis zur Betriebsspannung großen Abstand der inneren Elektroden zu wählen. Deshalb ist der Strombereich, in dem eine Löschung des Betriebsstromes erfolgt, groß; Kurzschlußströme bis zu 3000 A werden bei der verketteten Spannung vom Löschrohrableiter beherrscht. Bei größeren Strömen findet eine Löschung nicht mehr statt; der Ableiter wird dann durch den stehenbleibenden Lichtbogen zerstört. Aber auch kleinere Ströme, unterhalb 500 A, können nicht immer sicher unterbrochen werden, wenn nämlich in Stromkreisen mit geringem ohmschen Widerstand die Einschwingfrequenz der wiederkehrenden Betriebsspannung hoch ist. Das ersieht man aus Abb. 5, die eine Schar von experimentell aufgenommenen Löschkennlinien von Löschrohrableitern für 20 kV Betriebsspannung enthält. Danach werden Kurzschlußströme in der Größenordnung von 100 A nur gelöscht, wenn die Eigenfrequenz des Stromkreises nicht größer als etwa 700 Hz ist, jedenfalls aber unter 1000 Hz bleibt. Dennoch erfolgt die Löschung selbst bei diesen ziemlich kleinen Frequenzen erst nach etwa 8 bis 15 Halbwellen der 50periodigen Betriebsspannung. Der physikalische Grund dafür liegt darin, daß der Lichtbogen bei dieser mittleren Stromstärke nicht genügend Löschgas aus der Isolierrohrwandung freimacht, so daß bei schnell wiederkehrender Spannung die Gasströmung zur Löschung des Lichtbogens nicht ausreicht.

Abb. 6 zeigt photographische Aufnahmen von Löschrohrableitern für 20 kV Betriebsspannung beim Ansprechen im Versuchsfeld. Die Kurzschlußströme hatten dabei Werte von 340 A, 1500 A und 3000 A. Die Löschung

erfolgte bei dem Strom von 340 A nach zwei Halbwellen (Einschwingfrequenz rd. 500 Hz), bei den beiden anderen Strömen nach 1 bis 1,5 Halbwellen. Diese Abbildungen sowie eine große Anzahl weiterer photographischer Aufnahmen von der Löschung bei verschiedenen Strömen lassen erkennen, daß der Strahl der ausgestoßenen heißen Gase bei Strömen bis annähernd 1000 A eine noch erträgliche Ausdehnung hat, daß dagegen die auspuffende Feuersäule beim Strom über 1000 A bis zu 3000 A bereits ein unangenehm großes Ausmaß erreicht. Der Löschvorgang war im letzten Fall von einem sehr lauten schußartigen Knall begleitet.

a) 340 A b) 1500 A c) 3000 A

VF Vorfunkenstrecke *LA* Löschrohrableiter *LG* ausgestoßene Löschgase

Abb. 6a bis c. Ansprechen von Löschrohrableitern für 20 kV bei verschiedenen Kurzschlußströmen.

Auf Grund dieser Versuchsergebnisse erhält man eine natürliche Abgrenzung des Anwendungsbereiches der Löschrohrableiter als Stationsschutz: Man wird mit Rücksicht auf Unannehmlichkeiten, die ein zu großes Auspuffeuer mit sich bringt, Löschrohrableiter nur in solchen Stationen einbauen, in denen der Kurzschluß- bzw. Doppel-Erdschlußstrom möglichst 1000 A nicht allzu sehr übersteigt. Für wichtigere Stationen mit großen Kurzschlußströmen ist jedenfalls der Einbau von Löschrohrableitern weniger zu empfehlen, weil in Innenraumanlagen die ausgestoßenen heißen Lichtbogengase die Isolatoren in der Umgebung gefährden und der erhebliche Knall Schreckwirkungen auslöst. Der Einbau von Löschrohrableitern in wichtigen Stationen ist aber auch deswegen nicht ratsam, weil man das oben beschriebene mangelnde Schutzvermögen der Löschrohrableiter bei hohen Überspannungen wegen der wertvollen Geräte solcher Stationen im allgemeinen nicht in Kauf nehmen kann. Nachteilig für den Betrieb ist der schnelle Verschleiß durch Abbrand der Elektroden und das Ausbrennen des Löschrohres bei hohen Kurzschlußströmen. Große und bedeutende Stationen wird man nach wie vor zweckmäßig mit Ventilableitern schützen, bei denen bekanntlich nach dem Ableitvorgang der Überspannung ein nachfolgender Betriebsstrom von nur etwa 10 A auftritt. Die Verwendbarkeit von Ventilableitern ist unabhängig von der Größe des an der Einbaustelle auftretenden Kurzschlußstromes, weil dieser sich wegen der Sperrwirkung des spannungsbegrenzenden Widerstandskörpers im Ableiter gar nicht auswirken kann. Die Ventilableiter haben den weiteren Vorteil, daß sie auch im Gebiete kurzer Überschlagsverzögerungen, welche beim Auftreten von Überspannungswellen großer Höhe und Steilheit zu erwarten sind, einen sicheren Schutz der Station gewährleisten.

Es kommen für den Einbau von Löschrohrableitern vornehmlich kleine Stationen, vor allem Ausläuferstationen in Frage, die in größerer Entfernung von Speisepunkten liegen. Wegen der großen vorgeschalteten Leitungslänge ist in diesen Stationen sowohl die Frequenz des Einschwingvorganges gering als auch die erste Spannungsspitze infolge der Dämpfung klein. Es werden dort also auch die im ungünstigen Löschbereich liegenden Ströme von einigen 100 A und darunter sicher gelöscht. Wegen der kleinen Kurzschlußströme ist auch der Abbrand der Elektroden sowie die Vergrößerung des inneren Isolierrohrdurchmessers durch Ausbrennen nur gering, so daß die Lebensdauer der in diesen Stationen eingebauten Löschrohrableiter hoch ist.

Neuerungen am Rechenschieber.

Von A. Wasmus, Hamburg.

DK 518.5

Die mechanische Fortentwicklung des Rechenschiebers kämpfte bisher im wesentlichen gegen die Querverformung des Stabkörpers; sie ist bedingt durch das Schwind- oder Quellmaß und die Wärmeausdehnung des Werkstoffes. Für die hauptsächlich verwandten Hölzer gilt folgende Tafel:

Die Tafel läßt erkennen, daß das Schwinden und Quellen in Richtung der Stammachse gering, in Richtung des Hirnschnitthalbmessers z. B. bei Birnbaumholz mehr als zehnmal größer, in Richtung der Tangente zu den Jahresringen mehr als zwanzigmal größer ist. Da die Querverformung den ungünstigeren Werten unterliegt, und geringe Verformungen bereits auf die Gleitbewegung der Zunge und auf den Anschluß der Zungenteilungen an die festen Teilungen einwirken, hat man durch bauliche Maßnahmen (Stahleinlage z. B.) diesen Einfluß zu unterdrücken gesucht.

Erst neuerdings, nachdem die außerordentliche Entwicklung der Preßstoffe eine große Anzahl bisher unbekannter Werkstoffe bereitstellte, wurde der Versuch unternommen, den Formveränderungen von Zunge und Körper durch Wahl eines weniger quellenden bzw. schwindenden Werkstoffes zuvorzukommen. So groß hier auch die Möglichkeiten sind, es zeigte sich bisher, soweit bekannt, nur ein Mischpolymerisat auf der Grundlage des Vinylchlorids den Anforderungen in Richtung gleich-

Holzart	Schwind- bzw. Quellmaß (%) bei Feuchtigkeitsabnahme bzw. -zunahme zwischen 0 und 30% Feuchtigkeit (hygroskopischer Bereich)			Wärmeausdehnung (%) je 1° C Erwärmung	
	parall. zur Faser	senkr. zur Faser		parall. zur Faser	senkr. zur Faser
	α_p	α_s rad.	α_s tang.	α_p	α_s
Birnbaum (Pirus communis)	0,4	4,6	9,1	0,0006	0,005
Mahagoni (Swietenia Mahagoni) .	0,3	3,2	5,1	0,0004	0,004

bleibender Reibungskräfte und Teilungsgenauigkeit gewachsen. Aber auch dieser Werkstoff bedingt vor der Verarbeitung eine pflegliche Behandlung, die sich aus den inzwischen gesammelten Erfahrungen entwickelte[1]).

Dieser Rechenschieberwerkstoff besitzt zu seiner geringen Wasseraufnahme den Vorteil, daß man ihn spanabhebend bearbeiten kann, aber auch Teile durch Kleben miteinander unlösbar zu vereinigen vermag. Die hohe Elastizität des Werkstoffes schließt Bruch nahezu aus und läßt eine bisher nicht gewagte flache Bauweise und feine Nutenführung zu. Ein Vergleich des neuen Querschnittes mit dem alten (s. Abb. 1) läßt erkennen, wie wesentlich

Abb. 1. Vergleich der Querschnitte eines Holz- und Preßstoffschiebers.

sich der Aufbau eines Rechenschiebers durch die Verarbeitung des Kunststoffes vereinfacht. Die blütenweiße Oberfläche erlaubt eine weiche Politur, gegen die die gestochene Bestrichelung sowie die Bezifferung, die mit schwarzer oder auch mit roter Farbe ausgelegt ist, im kräftigen Gegensatz steht.

Es ist selbstverständlich, daß der neue Werkstoff einer harten Erprobung ausgesetzt werden mußte, bevor er in die laufende Fertigung des Rechenschiebers eingesetzt werden konnte. In der Materialprüfungsanstalt an der T. H. Stuttgart wurden nacheinander folgende Lagerungsversuche durchgeführt:

1. Achttägige Lagerung in einem Raum mit rd. 95 % rel. Luftfeuchtigkeit und rd. 8° Temperatur.
2. Dreitägige Lagerung in einem elektrisch geheizten Trockenschrank bei rd. 40° (trockene Luft).
3. Sechstägige Lagerung in einem Kühlschrank, in dessen Innerem die Temperatur im Laufe eines Tages von rd. 0 auf — 20 ° gesenkt und dann mindestens rd. 6 Stunden lang auf dieser Höhe gehalten wurde.
4. Dreitägige Lagerung in einem Trockenschrank bei rd. 40°; dabei lag der Rechenschieber ganz in einem Schlauch aus Fließpapier, das mit Wasser in Berührung und daher dauernd wassergesättigt war.
5. Zweistündige Bestrahlung des Probekörpers durch eine 300 W-Glühbirne mit Reflektor, Entfernung der elektrischen Birne rd. 25 cm vom Rechenschieber.
6. 24stündige Einlagerung im Wasser von rd. 18°.

Während und am Ende aller dieser Lagerungen konnten selbst mit achtfach vergrößernder Lupe keine Längenunterschiede zwischen Körper und Zunge des Rechenschiebers ermittelt werden; es war dauernd Übereinstimmung der Skalen von Körper und Zunge vorhanden. Auch bei verschiedenen Einstellungen der Zunge, d. h. bei verschiedenen Rechenmanipulationen, konnte, ebenfalls unter Zuhilfenahme der Lupe, keinerlei deutliche Abweichung vom geforderten Ergebnis festgestellt werden. Bei allen Lagerungen waren die Bewegungen der Zunge im Rechenschieberkörper leicht auszuführen.

Das Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem kam zu folgendem Prüfungsergebnis:

1. Natürliche und künstliche Bewitterung: a) natürliche Bewitterung: 9 Tage; b) künstliche Bewitterung: 159 Stunden auf dem Gardener Rad (Bogenlicht 750 W — Heizsonne — Brause — Wasserbad — Bogenlicht 750 W).
2. Kälte und Wärme: Je zwei Stunden im Bereich von — 16° bis + 40°.
3. 100 % relative Luftfeuchtigkeit: Lagerung bei 100 % rel. Luftfeuchtigkeit und 20°; Feststellung der Abmessungen: a) nach 8 Tagen, b) nach 23 Tagen.

Die Änderungen der Längen- und Breitenabmessungen waren bei 1, 2 und 3 a stets kleiner als ± 0,1 %, bei 3 b ± 0,2 bis 0,3 %.

Da Zunge und Körper aus dem gleichen Werkstoff bestehen, können diese geringen Änderungen der Abmessungen nicht zu einem erkennbaren Fehler führen.

Eine weitere Neuerung besteht in einem Verfahren zur Erleichterung des Schieberrechnens, insbesondere des Rechnens mit Sonderrechenstäben. Es ist bekannt, daß

Teilung A, Teilung B, Teilung auf Zunge C1, Teilung im Grunde M1, M2, Teilung C, Teilung D

Abb. 2. Grundlage des Arbeitsdiagrammes.

A, B, 315

Abb. 3. Teildiagramm.

C, D, 508!

Abb. 4. „Noten" des Arbeitsdiagrammes.

vielfach die Sonderrechenschieber deshalb abgelehnt werden, weil ihre Handhabung allzugroße und allzuviele Anforderungen an das Gedächtnis stellt. Es wurden daher besondere Arbeitsdiagramme entwickelt, die ähnlich der Notenschrift für bestimmte Formeln das zeitliche Nacheinander der einzelnen Rechenschritte erkennen läßt und sozusagen in Befehlsform vorschreibt. Dabei ist nicht einmal mehr das mathematische Verständnis des Rechenvorganges erforderlich. Die wesentlichsten Maßnahmen des Schieberrechnens finden auf drei Parallelen statt (Abb. 2). Der Beginn des Rechenverfahrens wird durch einen leeren Kreis gekennzeichnet, neben dem die Ablesung eingezeichnet ist. Das Teildiagramm Abb. 3 erteilt z. B. den Befehl: Suche auf Teilung A die Ziffer 315, und zwar auf der linken Hälfte der Teilung, weil die am weitesten nach links stehende Ziffer groß geschrieben ist. Jede nachfolgende Maßnahme ist durch einen ausgefüllten Kreis gekennzeichnet, neben dem die Ziffer steht. Das Endergebnis ist zudem mit einem Ausrufungszeichen versehen (Abb. 4). Die drei auf dem Läuferfenster eingeritzten Striche sind durch angehängte Halbkreise als linker, mittlerer oder rechter Läuferstrich gekennzeichnet, usw.

A, B, R, 5251, L, 900, C1, C, D, Al, 250, d

Abb. 5. Das Arbeitsdiagramm einer einfachen Aufgabe.

Aus diesen wenigen Noten, die für sich selbst sprechen, baut sich das Arbeitsdiagramm eines Rechenvorgangs auf. Ein Beispiel zeigt Abb. 5, nämlich die Aufgabe: Bestimme den Widerstand R einer Rundaluminiumleitung vom Durchmesser $d = 2{,}5$ mm und von der Länge $L = 900$ m.

1) Der neue Rechenschieber wird von Dennert & Pape, Hamburg, hergestellt.

NACHRICHTEN AUS DER INDUSTRIE.

Elektromaschinenbau.

DK 621.313

An allen Arbeitsmaschinen, bei denen die Leistungsfähigkeit von der stündlich erreichbaren Spielzahl abhängt, ist eine Bremsung unerläßlich, um die Auslaufzeiten auf ein Mindestmaß zu kürzen. **Verschiebeanker-Motoren** mit eingebauter Bremse sind hierfür die gegebenen Antriebsmaschinen, weil sie Motor und Bremse vereinigen und dadurch alle sonst für die Bremsung notwendigen Zusatzgeräte mechanischer oder elektrischer Art entbehrlich machen. Abb. 1 zeigt den einfachen

Abb. 1. Verschiebeanker-Motor in Einschaltstellung.

Aufbau eines Verschiebeanker-Motors in Einschaltstellung, wobei der konische Anker in die gleichfalls konische Ständerbohrung eingezogen ist und dadurch die Bremse gelüftet hält; Herstellerin dieser Motoren ist die Carl Flohr A.G., Berlin. Bei ausgeschaltetem Motor drückt die Bremsfeder die Bremsscheibe gegen das der Antriebsseite entgegengesetzte Lagerschild, wodurch die Maschine festgebremst ist. Die durch die konische Ausführung des Ankers hervorgerufene axiale Verschiebung der Motorwelle läßt sich auch zur Betätigung von Kupplungen verwenden, derart, daß der Verschiebeanker-Motor sich beim Einschalten an- oder abkuppelt.

Wenn der Verschiebeanker-Motor beim Einschalten ankuppelt und beim Ausschalten abkuppelt, so kann außerdem die Verschiebekraft zum Lüften der für den angetriebenen Teil besonders vorgesehenen Bremse benutzt werden. Durch diese Anordnung werden, sofern nur eine Drehrichtung in Frage kommt, unbegrenzt hohe Spielzahlen erreicht, da der Motor bei großer Schalthäufigkeit praktisch durchläuft. Das Ein- und Ausschalten des Motors bewirkt lediglich das An- und Abkuppeln. Die Schwungmasse des Motors braucht bei jeder Schaltung nicht erst von Drehzahl Null an beschleunigt zu werden und außerdem bleibt die Lüftung trotz der hohen Spielzahl nahezu gleichmäßig erhalten. — Bei einer anderen An-

Kupplung und Bremse

Abtrieb

Langsamer Antrieb selbstsperrend

Abb. 2. Motor, der sich beim Schalten selbsttätig an- oder abkuppelt.

ordnung (Abb. 2) kuppelt sich der Verschiebeanker-Motor beim Einschalten selbsttätig ab. Im ausgeschalteten Zustand ist er durch seine Bremsfederkraft mit einem anderen Antrieb gekuppelt und läuft mit dessen Drehzahl, die meistens kleiner als die Motordrehzahl ist, lediglich als Wellenzwischenglied. Wird der Motor eingeschaltet, so kuppelt er sich von dem langsam laufenden Antrieb ab und läuft mit seiner eigenen Drehzahl. In dieser Art kann der Motor als Zwischenglied zur Erzielung verschiedener Geschwindigkeiten, beispielsweise für Vorschub- und Schnellverstellung verwendet werden.

Die Apparat G. m. b. H., Eßlingen a. N., zeigt einen neuen **Doppelnutanker-Motor**, der besonders für den Antrieb von Werkzeugmaschinen entwickelt wurde und in allen Bauformen für Leistungen bis 20 PS hergestellt wird. Die Anlauf-Drehmoment Kennlinie dieses Motors kann durch einen veränderlichen Luftspalt zwischen Anlauf- und Laufkäfig der angetriebenen Arbeitsmaschine weitgehend angepaßt werden. Abhängig davon lassen sich Anlaufzeit, Anlaufspitze und Erwärmung in günstiger Weise beeinflussen. Ferner hat die Firma einen neuen **Spannmotor** entwickelt (Abb. 3), der im Stillstand die Abgabe eines konstanten oder veränderlichen Drehmoments für Spann-, Brems-, Vorschubzwecke usw. ermöglicht. Wenn es notwendig ist, kann das ausgeübte Drehmoment während des Arbeitsvorganges selbsttätig nach einem Programm oder willkürlich verändert werden. Um zu verhindern, daß der Spannmotor bei Dauerbetrieb eine zu hohe Erwärmung annimmt, wird in bestimmten Fällen ein kleiner Lüfter an- oder eingebaut, eine zweite normal umlaufende Welle dient zur gleichzeitigen Abgabe von Leistungen für irgendwelche anderen Bewegungen. Das abgegebene Drehmoment läßt sich in einfacher Weise mit einem geeichten Ampermeter ablesen.

Abb. 3. Spann-Motor.

Die Firma Tornado, Berlin, zeigt u. a. neue **Umformer** zum Betrieb von Kino-Bogenlampen. Diese Umformer haben eine dem Lichtbogenbetrieb angepaßte Kennlinie, so daß sie ohne Beruhigungswiderstand arbeiten können. Hierdurch ergibt sich eine wesentliche Energieersparnis. Um den Raumbedarf zu verringern, werden die Umformer mit senkrechter Welle ausgeführt. — Schon auf der vorjährigen Messe hatte die gleiche Firma einen selbsterregenden **Wechselstrom-Erzeuger ohne Kommutator** gezeigt, bei dem die Selbsterregung durch Kondensatoren erfolgte; diese Maschine hatte aber den Nachteil, daß sie nur für bestimmte Belastungsverhältnisse brauchbar war, da die Kondensatorgröße der Belastung angepaßt sein mußte. Eine jetzt gezeigte neue Bauart ist für beliebige Belastungen geeignet, sie ist regelrecht „kompoundiert", d. h. sie gibt bei allen Belastungen von Leerlauf bis 25% Überlast praktisch gleichbleibende Spannung. Die Maschine wird sowohl für Einphasenstrom wie für Drehstrom gebaut und ist besonders für Benzinmaschinensätze zur Notstromversorgung u. dgl. geeignet.

Derartige **selbstanlaufende Brennkraftmaschinensätze** waren bereits im vergangenen Jahr u. a. bei der Fa. Hans Still, Hamburg, zu sehen, die namentlich dadurch gefielen, daß sie sehr einfach waren und wenig Raum beanspruchten. Alle Relais sind vermieden und der gesamte Schaltvorgang geht durch widerstandsfähige mechanische Mittel vor sich. Es wurde einmal eine Brennkraftmaschine zum Antrieb einer Pumpe gezeigt, welche in der Weise arbeitete, daß die Brennkraftmaschine selbsttätig in Betrieb kam, sobald

der Wasserspiegel eines Behälters auf einen gewissen einstellbaren Punkt gesunken war, und außer Betrieb gesetzt wurde, sobald der Wasserspiegel auf einen anderen einstellbaren Punkt gestiegen war. Eine weitere Brennkraftmaschine, und zwar ebenfalls ein Dieselmotor, diente zum Antrieb eines Gleichstrom-Generators, der eine Sammlerbatterie lud. Schließlich wurde ein Notstromsatz gezeigt, der nunmehr dadurch wesentlich verbessert ist, daß die Anlaufzeit des Motors und die Zeit bis zur Erreichung der vollen Netzspannung am Generator stark verkürzt wurden (Abb. 4). Polizeiliche Bestimmungen

Abb. 4. Selbsttätig arbeitender Diesel-Notstromsatz.

schreiben hier ganz bestimmte kurze Zeiten vor. Ein solcher Schnellstart mit normalen Dieselmotoren aller Bauarten erfordert besondere Maßnahmen. Die neue Automatik entspricht grundsätzlich der früheren Bauweise, aber die Zeit vom Ausfall des Netzstromes bis zur Erreichung der vollen Netzspannung durch den Notstromsatz ist so wesentlich abgekürzt, daß Schäden irgendwelcher Art durch zu langes Fehlen der Stromversorgung nicht mehr auftreten können. Beim Ausfall des normalen Netzstromes setzt sofort der Start des Dieselmotors durch Einblasen von Preßluft oder durch Anlaßmotor ein. Das Anlassen selbst wird bis zu dreimal wiederholt. Sobald die Stromversorgung aufgenommen ist, bleibt das Automatiklaufwerk in einer bestimmten Stellung stehen, und erst wenn der normale Netzstrom wiederkehrt, setzt es sich erneut in Tätigkeit und stellt den Dieselmotor ab. Gleichzeitig werden sofort beim Wiederkehren der Netzspannung selbsttätig die Stromverbraucher auf das Netz umgeschaltet und die Automatik kehrt in ihre Bereitschaftsstellung zurück.

Neben den normalgroßen Motoren spielen die zahlreichen Typen von Kleinmotoren eine ständig größer werdende Rolle. Die De-Te-We, Berlin, zeigt eine Reihe ihrer **Sonder-Kleinmotoren** in Präzisionsausführung, z. B. den durch Deutsches Reichspatent geschützten Volluniversalmotor in verschiedenen und verbesserten Ausführungen. Dieser Motor kann durch einfaches Verschieben eines Schaltorganes an 110/160/220 V Gleich- und Wechselstrom angeschlossen werden, wobei, was sehr wichtig ist, Drehmoment, Drehzahl und Leistungsaufnahme bei den verschiedenen Schaltungen fast gleich bleiben. Für besondere Fälle werden diese Motoren zur Konstanthaltung der Drehzahl mit regelbarer Fliehkraftbremse oder mit Kontaktregler ausgerüstet. Die Motoren werden vorzugsweise in der Büromaschinenindustrie verwendet, sind aber überall da am Platze, wo Wert auf Universalantrieb gelegt wird.

Auf dem Gebiet der **Klein-Synchronmotoren,** vornehmlich für Uhrantrieb, hat die AEG einen verstärkten Langsamläufer SSLV 375 mit einer Leistungsaufnahme von 2,6 W und einem Drehmoment, bezogen auf eine Achse mit 1 U/min, von etwa 450 gcm im Anlauf und 700 gcm im synchronen Lauf entwickelt. Wesentlich ist ferner die Entwicklung eines neuen starken Schnelläufers (Abb. 5), der infolge der jahrelangen Erfahrungen der AEG auf diesem Gebiet in Konstruktion und Leistung ein hochwertiges Bauelement für die feinmechanische Industrie darstellt (für Registrier-Instrumente, Regler, Mengenmesser usw.). Die mit 3000 U/min laufende Achse des fliegend angeordneten Ankers ist beiderseitig in äußerst sinnreicher Weise in Novotext gelagert, ein Werkstoff, der bereits seit Jahren seine besondere Eignung für derartige Zwecke bewiesen hat. Das im Gehäusetopf untergebrachte Übersetzungsgetriebe läuft gleich-

Abb. 5. Schnellaufender Synchronmotor, 3000 U/min, etwa 4,5 W Leistungsaufnahme.

falls in Novotextlagern und bedarf daher auch bei jahrelangem Betrieb keiner Wartung. Die technischen Daten dieses Motors sind:

Leistungsaufnahme		etwa 4,5 W
Drehmoment in gcm bezogen auf eine Achse mit 1 U/min:		
	dauernd	kurzzeitig
Anlauf	rd. 2000	rd. 3000
synchron	„ 2700	„ 4000
asynchron	—	„ 6000

Die Getriebe sind so bemessen, daß die vorgenannten Leistungen auch bei wechselnder Belastung übertragen werden. Wesentlich, ist, daß, sofern es nicht auf einen synchronen Lauf des Motors ankommt, dieser auch kurzzeitig im asynchronen Lauf bis zu 6000 gcm belastet werden kann.

Auch auf dem Gebiet der Bürstenhalter für elektrische Maschinen bietet die Messe Neues. Das Bestreben, die große Anzahl von Halterausführungen zu verringern, die bisher auf dem Markt vorzufinden waren und die Herstellung und Lagerhaltung erschwerten, ließ den **Einheitsbürstenhalter** entstehen. In Zusammenarbeit mit den Herstellern elektrischer Maschinen

Abb. 6. Einheits-Bürstenhalter.

und den Großverbrauchern wurde ein Bürstenhalter entwickelt, der den Anforderungen der Praxis in den weitaus meisten Fällen gerecht wird. Abb. 6 zeigt eine Ausführung der Ringsdorff-Werke KG., Mehlem-Rhein. Bewußt wurde auf die in ihrer Bedeutung umstrittene Feineinstellung verzichtet; drei Rasten

dienen zum Nachstellen des Federdruckes entsprechend dem eingetretenen Bürstenverschleiß. Hervorzuheben sind der besonders stabile Bürstenhalter-Kasten mit angeschweißter Führungsplatte, die Aufhänge-Vorrichtung für die Uhrfeder, so daß ohne Verstellen des Federdruckes die Bürsten leicht und schnell ausgewechselt werden können, das kräftige Isolierstück am Ende der Feder, das geteilte Klemmstück, das es ermöglicht, einzelne Halter leicht einzubauen oder auszuwechseln, sowie die Radial-Verstellbarkeit des Halterkastens. — Bei Bürstenhaltern für Schleifring-Maschinen war bisher die Befestigung der Kohlebürsten noch nicht zufriedenstellend gelöst. Das Auswechseln der Bürsten, von denen zur Erzielung eines einwandfreien Kontaktes eine hohe Maßgenauigkeit verlangt wurde, war oft umständlich und zeitraubend. Die neuen Ringsdorff-**Bürstenhalter** (Abb. 7) beseitigen diesen Übelstand. Die Kohle selbst, die in ihren Maßen größte Toleranzen aufweisen kann, erhält kein Befestigungsgewinde; sie wird vielmehr durch Anziehen eines Druckelementes unverrückbar im Halterkasten festgeklemmt. Da das gut bemessene Stromband mit dem Druckelement und dem Halterkasten vernietet ist, wird eine einwandfreie Stromableitung gewährleistet.

Abb. 7. Bürstenhalter für Schleifringmaschinen mit neuartiger Kohlebefestigung.

Die Forderung, im Hinblick auf Leistungssteigerung ohne Kostenerhöhung Elektromotoren zu bauen, die bei gleicher Größe eine Steigerung der Arbeitsleistung bieten, läßt sich — roh ausgedrückt — nur durch die Vermehrung der in der Maschine untergebrachten Kupfermenge erreichen. Die Menge des Kupfers wird aber wiederum stark beeinflußt durch den zur Isolation der einzelnen Drähte verwendete Isolierstoff. Gegenüber Baumwollband beanspruchen Lackdrähte weniger Raum, und es ist gelungen, auf der Basis von Kunstharzen **Isolierlacke** zu schaffen, die allen Anforderungen auch hinsichtlich Isolationsfähigkeit, Temperaturbeständigkeit usw. gerecht werden. Mit Hilfe dieser Lacke gelingt es, den Raum für das Isolationsmaterial wesentlich zu verringern und dafür größere Kupfermengen im Motor selbst unterzubringen. Derartige Lacke stellt z. B. die Fa. Herbig-Haarhaus A.G., Köln-Bickendorf, her. Sie zeigt ferner einen bewährten, gegen Lackdraht fast vollkommen neutralen Tränklack, der bei schneller und harter Durchtrocknung doch außerordentliche Elastizitätseigenschaften besitzt. Die bei den bisher benutzten Öllacken festzustellenden frühzeitigen Alterungserscheinungen treten bei diesem Lack praktisch nicht auf. Er erweicht, einmal gut durchgetrocknet, auch bei den heute vorkommenden höheren Betriebstemperaturen nicht mehr. Erwähnenswert sind ferner noch ein **Tauch-Imprägnierlack** für Öltransformatoren und Kunstharz-Imprägnierlack für Transformatorenspulen.

Die Monette Asbestdraht GmbH., Berlin-Stralau, stellt in der Hauptsache Asbestdrähte aus, die bis vor kurzem fast ausschließlich als Leitungen für starke Erwärmungen verwendet wurden. In neuerer Zeit ist es aber gelungen, auch **Dynamodrähte mit Asbestisolation** bis zu 0,3 mm Dmr. herunter herzustellen; die Durchmesserzunahme durch die Isolation liegt in der Größenordnung der baumwolleumsponnenen Drähte. Diese Tatsache eröffnet dem Konstrukteur elektrischer Maschinen neue Möglichkeiten, den Kupferquerschnitt höher zu belasten und so die Maschinen besser auszunutzen oder kleiner zu bemessen.

Anlasser.

DK 621.316.717

Die **Anlasseinrichtung Albo-Knorr** (Firma Knorr-Bremse A.G., Berlin), die mit ihrer last- und bedienungsunabhängig gewährleisteten Überstromfreiheit nicht nur das Anlaßproblem an sich löst[1]), sondern auch der Anwendung und dem Bau des Kurzschlußmotors mit größtmöglichem Wirkungsgrad und Leistungsfaktor neue Wege öffnet, bringt u. a. mit ihrem Fernsteuerungsgerät eine Weiterentwicklung. Wie das Oszillogramm Abb. 1 zeigt, ist es gelungen, das Anlaßverfahren so anzusetzen, daß trotz der am Fernsteuerungsgerät mit seiner Anlaßstufe zu bewältigenden Schaltarbeit, selbst in dem kritischen Zweige, in dem neben dem Motorstrom auch noch Betätigungsstrom und Schaltmagnetstrom fließen (oberer Teil des Oszillogramms) der ordnungsmäßige Anlaßstrom absolut eingehalten bleibt. Weiterhin ist (wie im unteren Teil des Oszillogramms für sich allein verzeichnet) neben dem über den Druckschalter, Thermostaten usw. fließenden Betätigungsstrom vor allem der dauernd aufzubringende Haltestrom recht klein, so daß auch hier die Wirtschaftswerte geschaffen sind, die gerade für das neue Anlaßverfahren kennzeichnend sind.

Abb. 1. Anlaßstrom eines Kompressormotors gegen vollen Druck; Motor: 4,4 kW, 16 A, 1500 U/min.

Bei der Entwicklung eines **Selbstanlassers für Gleichstrommotoren** hat die AEG Wert darauf gelegt, die Abmessungen und das Gewicht klein zu halten, trotzdem aber alle Teile übersichtlich und gut zugänglich anzuordnen. Das Gerät ist besonders für solche Gleichstrommotoren bis 45 PS, 200 V geeignet, die im Halblastanlauf mit drei Stufen in etwa 5 s an-

A Magnetspule
B Netzschütz
C Hauptkontakte
D, E Anker
F Magnet
G Betätigungsstangen
H, I, K Stufenkontakte
L Hemmwerk
M Zahnstange
N Hilfskontakt
P Strombänder zu *C*
Q Netzanschlüsse
S Hauptklemmen
T Bänder zu *H, I, K*
U Anlaßwiderstand
V Hartpapierplatte

Abb. 2. Gleichstrom-Selbstanlasser.

[1]) Obermoser, ETZ 57 (1936) S. 653.

gelassen werden können, also Lüfter, Motorgeneratoren usw. Der Anlasser (Abb. 2) besteht aus einem wahlweise ein- oder zweipoligen Netzschütz, einer Verzögerungseinrichtung und einer dreistufigen Kontaktvorrichtung zum Kurzschließen der Widerstandstufen.

Beim Drücken eines Knopfes oder Einlegen eines Betätigungsschalters erhält die Magnetspule *A* des Netzschützes *B* Spannung und schaltet die Hauptkontakte *C* sofort ein, da der Anker *D* unverzögert anzieht. Der zweite Anker *E*, der im Kraftlinienstrom des Magneten *F* mit dem Anker *D* in Reihe liegt, kann aber nur verzögert anziehen, da die Betätigungsstangen *G* mit den Stufenkontakten *H*, *I* und *K* über das mechanische Hemmwerk *L* und die Zahnstange *M* gekuppelt sind. Nach Ablauf der Verzögerung schaltet der Hilfskontakt *N* einen Sparwiderstand in den Spulenstromkreis. Während die Hauptkontakte *C* kräftige magnetische Funkenlöschung haben, damit auch der stillstehende Motor sicher abgeschaltet werden kann, fehlt die Funkenlöschung bei den Stufenkontakten *H*, *I* und *K*, die nur die kleine Stufenleistung zu bewältigen haben. Die beweglichen Bänder *P* der Hauptkontakte und die Netzanschlüsse *Q* des Schützes sind durch Bolzen mit den unten angeordneten Hauptanschlußklemmen *S* verbunden, die beweglichen Bänder der Stufenkontakte *T* mit den Anzapfungen des Anlaßwiderstandes *U*, der auf der Rückseite der imprägnierten Hartpapierplatte *V* angeordnet ist. Alle beweglichen Teile von Schütz, Hemmwerk und Stufenkontakten sind erschütterungssicher. Für das Arbeiten in bestimmten einstellbaren Grenzen ist ein Spannungsrelais vorgesehen.

Transformatoren und Stromrichter.

DK 621.314.2+621.314.6

Die **Schweißtransformatoren,** welche die Dominitwerke AG., als neues Erzeugnis zeigen, sind fahrbar und für Lichtbogen-Schweißstromstärken von 35 bis 350 A regelbar. Die Regelung wird durch Kernverschiebung erreicht; die eingestellte Stromstärke liest man auf einer Skala ab. **Ofentransformatoren** baut die Firma in luftgekühlter Ausführung bis 350 kVA, und zwar auch als Regeltransformatoren mit Stufenschaltung unter Last. Eine weitere Sonderbauart sind die **Verdunkelungstransformatoren** zur schlagartigen Verdunkelung von Beleuchtungsanlagen. Der Verdunkelungs-Umschalter ist mit dem Transformator in ein Stahlblech- oder Gußgehäuse eingebaut; er trennt die Transformatorenwicklung bei normaler Lampenspannung vom Netz und vermeidet somit Leerlaufverluste. Der Schalter ist mechanisch so verriegelt, daß ein willkürliches Zurückschalten auf die Stellung „Hell" unmöglich ist. Die Verdunkelungstransformatoren werden in Sparschaltung gewickelt und, da bei Verdunkelung die Lampen nur einen Bruchteil ihrer sonstigen Leistung aufnehmen, nur für eine geringe Leistung (bis 200 kVA) bemessen. Die Sekundärstufen der Verdunkelungstransformatoren sind bei 220 V Netzspannung 99—77—55 V, das sind 45, 35 und 25% der Lichtspannung.

Auf dem Gebiet der Gleichrichter kleinerer Leistung gibt es heute neben dem Glasgleichrichter den luftgekühlten pumpenlosen Eisengleichrichter. Beiden sind einfacher Aufbau und Betrieb gemeinsam, dadurch bedingt, daß auf das Wasser als Kühlmittel und auf Hoch- und Vorvakuumpumpe zur Erzeugung und Erhaltung des Vakuums verzichtet werden kann. Der **Klein-Eisengleichrichter** ist erst durch diese konstruktive Umgestaltung technisch und preislich wettbewerbsfähig geworden. Mit beiden Gleichrichterarten können durch Parallelschaltung von mehreren Einheiten auch größere Anlagen gebaut werden. Der natürliche Mehrpreis einer solchen Anordnung im Vergleich zum wassergekühlten Eisengleichrichter größerer Leistung mit Pumpe fällt nicht ins Gewicht, wenn ein Teil der Leistung für Reservezwecke bereitgestellt werden soll. Dann genügt nämlich bei der unterteilten Leistung eine geringere installierte Gesamtleistung als bei der Wahl größerer Einheiten.

Der Glasgleichrichter, seit Jahrzehnten erprobt und in der Einheit billiger, wird auch in Zukunft dort seinen Platz behaupten, wo die Betriebsbedingungen eine große Lebensdauer der Glaskörper erwarten lassen. Der pumpenlose luftgekühlte Eisengleichrichter ist eine Neuschöpfung. Die vorliegenden Betriebserfahrungen sind gut. Pumpenlose Eisengleichrichter erscheinen dort angebracht, wo schwere Beanspruchungen nach Zeit und Last einen häufigeren Kolbenersatz erwarten lassen. Sie haben auch bei Anwendung der Gittersteuerung vor dem Glasgleichrichter gewisse Vorteile. Abb. 1 zeigt einen pumpenlosen luftgekühlten AEG-Eisengleichrichter 500 A, 600 V, der das Straßenbahnnetz einer Großstadt speist und bereits besonderen Beanspruchungen durch Überlastung und Kurzschluß im Betrieb und durch Versuch ausgesetzt war.

Abb. 1. Pumpenloser Klein-Eisengleichrichter 500 A, 600 V.

Die Süddeutsche Apparatefabrik Nürnberg stellt in diesem Jahre Gleichrichtergeräte aus, die zeigen, daß der **Selen-Trocken-Gleichrichter** immer mehr aus dem Leistungsgebiet, in dem er schon allein durch Wirkungsgrad und Anschaffungspreis anderen Gleichrichtern überlegen ist, in Leistungsgebiete übergreift, die bis vor kurzem ausschließlich den Glühkathoden- und Quecksilberdampf-Gleichrichtern vorbehalten waren. In diesen Fällen sind bei der Entscheidung für den Selen-Gleichrichter eben nicht Wirkungsgrad und Preis allein ausschlaggebend, sondern seine praktisch unbegrenzte Lebensdauer, seine Anspruchslosigkeit in bezug auf Wartung, die mechanische Festigkeit usw.

Abb. 2. Selen-Gleichrichter für Anschluß von Rundfunkempfängern.

Neben Ladegeräten, Gleichrichtern für Kinobogenlampen und für die Speisung von Funksendern werden noch Kippdrosselgeräte und ein Vorsatzgerät zum Anschluß von Gleichstrom-Rundfunkempfängern an das Wechselstromnetz (Abb. 2) gezeigt. Die Zahl der zur Verfügung stehenden Scheibengrößen wurde durch neue Zwischengrößen vermehrt; die hierdurch erzielte feinere Abstufung in der Gleichrichterbemessung wirkt sich auf Anschaffungspreis, Wirkungsgrad, Gewicht und Raumbedarf günstig aus. Eine ebenfalls neue Kleinscheibentype wird für Meßventile, Detektorventile und Hochspannungsgleichrichter hergestellt.

Leitungen und Isolatoren.

DK 621.315

Bei **Baggerschleppleitungen** bilden sich zwischen der Aderisolierung und dem Innenmantel Hohlräume, die bei höheren Spannungen zur Ozonbildung und damit zur schnellen Zerstörung des Gummis führen. Die obere Spannungsgrenze für normal aufgebaute Baggerschleppleitungen liegt bei etwa 6 kV. Da jedoch die wirtschaftliche Erschließung der Kohlenvorräte im Tagebau oftmals große Baggerleistungen erfordert, ist es notwendig, höhere Übertragungsspannungen zu wählen, weil die Ableitung der Stromwärme, insbesondere bei den auf-

getrommelten Leitungen, selbst bei den größtmöglichen Leiterquerschnitten mit den bisher üblichen Spannungen unmöglich ist. Die Siemens-Schuckertwerke zeigen daher auf der Messe das Stufenmuster einer 15 kV-Baggerschleppleitung, die durch ihren besonderen Aufbau die Ozonbildung im Innern verhindert. Derartige sogenannte ozonfreie Leitungen können auch für höhere Spannungen gebaut werden, jedoch ist bisher die Betriebsspannung von 15 kV im Baggerbetrieb noch nicht überschritten worden. Bei dieser Baggerschleppleitung werden die entstehenden Hohlräume zwischen Aderisolierung und Innenmantel dadurch unwirksam gemacht, daß dem Adergummi eine leitende Gummischicht aufvulkanisiert wird. Auch auf den Metalleiter ist eine derartige leitende Gummischicht aufgebracht, so daß die eigentliche Aderisolierung vollkommen in leitende Gummischichten eingebettet ist. Diese leitenden Gummischichten nehmen das Potential des Metalleiters bzw. das Erdpotential an, so daß die entstehenden Lufträume nicht im elektrischen Feld liegen. Die gefährliche Ozonbildung ist damit vollständig vermieden[1]). Derartige Leitungen können in jeder für den praktischen Betrieb in Frage kommenden Länge hergestellt werden. Für diese Baggerschleppleitungen zeigen die SSW zwei verschiedene Endverschlußarten. Bei der gewickelten Ausführung erhält die Leitung über der Aderspreizstelle eine mit Vergußmasse gefüllte Aufteilungskappe (Abb. 1). Bei der vulkanisierten Ausführung werden die Spreizstelle und die einzelnen Adern zum Schutz gegen äußere Einflüsse mit aufvulkanisiertem Gummi versehen (Abb. 2). Bei beiden Ausführungsarten wird von den Adern die äußere leitende Gummischicht ungefähr von der Spreizstelle bis zum Kabelschuh entfernt, damit eine genügende Isolationslänge entsteht. Zur Steuerung des elektrischen Feldes im Endverschluß werden bei Betriebsspannungen von 6 kV aufwärts Halbleiterschichten aufgebracht.

Abb. 1. Abb. 2.

Endverschlüsse für Baggerschleppleitungen.

Auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1938 trat die Norddeutsche Kabelwerke AG. mit der Neukonstruktion einer Hochfrequenzleitung, dem sog. **Fadenkabel,** an die Öffentlichkeit[2]). Versuche und Erfahrungen über seine Eigenschaften haben inzwischen die Richtigkeit der seinerzeit gemachten Angaben bestätigt[3]). Die niedrige Kapazität infolge des Wertes der Dielektrizitätskonstante von nur 1,12 und die damit zusammenhängenden kleinen dielektrischen Verluste lassen die Vorteile des neuen Kabels besonders im Kurzwellengebiet in Erscheinung treten. Daher konnte es sich gut einführen und eine Lücke ausfüllen, die bisher unangenehm empfunden wurde. Die verschiedenartigen Anforderungen, die seitens der Interessenten an das Fadenkabel gestellt wurden, ließen abgewandelte Ausführungsformen entstehen. Zwei besonders gängige Ausführungen zeigt Abb. 3: den Schlauchmanteltyp AM, der als biegsame Leitung für Schaltzwecke und Laboratoriumsverbindungen besonders geeignet ist, und den Typ AMD mit äußerer Metalldrahtflechtung, die dem Kabel mechanisch einen zusätzlichen Schutz verleiht und überdies als elektrische Abschirmung wirksam ist. Als neueste Entwicklung sei hier die Verseilung mehrerer Fadenkabel zu einem mehradrigen Kabel genannt, mit dem dann eine symmetrische Schaltung durchgeführt werden kann.

Abb. 3. Fadenkabel, oben mit Schlauchmantel, unten mit Metalldrahtbeflechtung.

Bekanntlich hat sich für die Verbindung von Aluminium- und Kupferleitungen die in den letzten Jahren neu entwickelte Bauweise bestens bewährt, Hausanschlußleitungen aus Aluminium mit einer kombinierten Endbundklemme abzuklemmen und in diese Endbundklemme mit Kupferabzweig die Hausinstallationsleitung aus Kupfer direkt einzuführen und zu verklemmen. Da nun inzwischen auch für die Herstellung von NGA-Leitungen der deutsche Werkstoff Aluminium sich zunehmend einführt, war es ein Erfordernis der Zeit, auch für die Abzweigung von Aluminiumleitungen eine ähnliche Klemme durchzubilden, also eine **Aluminium-Endbundklemme** mit **Aluminium-Abzweig.** In die untere Klemmbacke der von A. Schiffmann, München, hergestellten Klemme ist ein besonderer Schraubenbolzen eingepreßt (Abb. 4), zur Aufnahme und Festklemmung eines weiteren Deckelteils, welches auf der einen Seite der unteren Klemmbacke in einem Gegenlager festsitzt, während die andere Seite als Druckstück ausgebildet ist und in eine zusätzliche Klemmnute der unteren Klemmbacke der Endbundklemme eingreift, mit dem Zwecke, hier die entsprechenden Haus-Installationsleitungen aus Aluminium von 6 bis 35 mm² und mehr festzuklemmen. Diese besondere Gestaltung ermöglicht es, sowohl die Hausanschlußleitung wie die Abzweigleitung aus NGA-Aluminium an langen Kontaktflächen festzuhalten, wodurch neben einer kräftigen mechanischen Preßwirkung ein hervorragender Stromübergang erreicht wird.

Abb. 4. Aluminium-Endbundklemme.

Abb. 5. Erdkabelklemme.

Der Vorzug einer **Erdkabelklemme** von A. Schiffmann liegt darin, daß sie auf die meistens engen Raumverhältnisse bei der Abzweigung von Kabeln in Kabelmuffen besondere Rücksicht nimmt. Mit nur zwei Schrauben wird gleichzeitig das Haupt- und Abzweigkabel festgeklemmt; bei der Montage brauchen lediglich die beiden Schrauben so weit gelockert zu werden, daß man die Klemmbacken über das Hauptkabel hinüberschieben kann, anschließend wird das Abzweigkabel eingeführt, und durch das Festziehen der beiden Klemmenschrauben werden beide Kabel gleichmäßig erfaßt und verklemmt. Zum Ausgleich verschieden starker Abzweigquerschnitte ist ein eigenes Druckstück vorgesehen, das sich den verschiedenen Kabelgrößen anpaßt, und außerdem sorgt eine Federplatte auf dem Deckelteil der Kabelklemme für einen dauernd gleichmäßigen Preßdruck.

Die Firma Karl Pfisterer in Stuttgart-Untertürkheim hat verschiedene Neukonstruktionen von Abspannklemmen sowie Hängeklemmen für Hochspannungs-Hängeisolatoren heraus-

[1]) Vgl. E. Bormann, ETZ 59 (1938) S. 960.
[2]) Vgl. G. H. Winkler, ETZ 59 (1938) S. 412.
[3]) Vgl. a. O. Cords, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 132.

gebracht. Für Stahl-Aluminiumseile wurde eine **Abspannklemme** (Abb. 6) geschaffen, die bei fortlaufendem ungeschnittenem Al-Mantel ein getrenntes Abspannen der Stahlseele und des gesamten Seiles ermöglicht. Zum Abspannen von Reinalu-, Aldrey-, Kupfer- oder Stahlseilen wird eine Konus-Abspannklemme verwendet. Alle Abspannklemmen sind einfach und sicher zu montieren. Die Festigkeit entspricht den VDE-Vorschriften, sie halten das Seil mit mindestens 90% seiner Nennlast, für Postkreuzungen sind sie zugelassen. — Für Hängeisolatoren ist die **Hängeklemme** mit unverlierbaren Einzelteilen sehr geeignet; sie paßt für alle Leitungsbaustoffe; die Druckstücke, Federsplinte und Sicherungen sind so angebracht, daß sie beim Montieren der Klemme nicht abgenommen werden müssen (Abb. 7).

Abb. 6. Abspannklemme für Stahl-Aluminiumseil.

Abb. 7. Hängeklemme.

Wir wenden uns nun den Isolatoren zu. Die an dieser Stelle[4]) bereits kurz behandelten **Langstab-Isolatoren** ermöglichen es, **Stützer** für hohe und höchste Spannungen in durchaus neuartiger Weise auszubilden. Bisher wurden derartige Stützer je nach der zu isolierenden Spannung aus einer mehr oder minder großen Zahl keramischer Einzelglieder aufgebaut, die entweder mit der grundsätzlichen Bauart von Kappen- oder Vollkern-Isolatoren übereinstimmten oder als zylindrische oder kegelförmige Hohlkörper ausgebildet waren. Bei beiden Bauarten befinden sich im elektrischen Feld zahlreiche Eisenarmaturen zur mechanisch festen Verbindung der Einzelglieder. Abgesehen davon, daß ein derartiger Eisenaufwand heute wirtschaftlich untragbar ist, sind Eisenteile innerhalb der Isolationsstrecke insofern sehr nachteilig, als sie beim Auftreten eines Lichtbogen-Überschlages einen staffelförmigen Verlauf begünstigen.

Die vorgenannten Nachteile werden vermieden, wenn man nach einer von der Hermsdorf-Schomburg Isolatoren G. m. b. H. entwickelten Bauart Stützer für hohe Betriebsspannungen aus Langstab-Isolatoren zusammenbaut. Durch eine entsprechende Anordnung, z. B. die in Abb. 8 dargestellte Dreibockform, läßt sich hierbei ein mechanisch sehr widerstandsfähiger Aufbau erzielen. In elektrischer Hinsicht sind derartige Stützer den bisherigen dadurch überlegen, daß sie nicht nur gegen Wechselstrom und stoßartige Überspannungen unbedingt durchschlagsicher sind, sondern auch in der Isolationsstrecke Eisenteile und damit Fußpunkte beim Auftreten eines Überschlages weitgehend vermeiden. Dabei werden für die gegeneinander geneigten Stützersäulen je nach den Anforderungen an die mechanische Festigkeit Langstab-Isolatoren verwendet, die in laufender Fertigung mit Strunkdurchmessern von 60, 75 und 85 mm hergestellt werden, so daß ein aus irgendwelchen Gründen beschädigtes Aufbauteil leicht und schnell ersetzt werden kann.

Abb. 8. Stützer aus Langstab-Isolatoren.

[4]) ETZ 59 (1938) S. 234.

Eine von der Rosenthal-Isolatoren G.m.b.H., Selb, neu entwickelte Bauform von **Langstab-Isolatoren** ergibt in Verbindung mit geeigneten Lichtbogenschutzarmaturen eine wesentlich verbesserte, praktisch gleichmäßige Spannungsverteilung. Diese Verbesserung konnte dadurch erzielt werden, daß man die bisher übliche Anordnung in gleichmäßigen Abständen über den Stabkörper verteilter Schirme verlassen und eine den Forderungen günstiger Feldverteilung entsprechende Staffelung der Schirmabstände durchgeführt hat (Abb. 9). Durch die neuartige Anordnung der Schirme ist es bei diesem Isolator gelungen, die elektrischen Eigenschaften nicht nur hinsichtlich der Spannungsverteilung, sondern auch hinsichtlich der Höhe der Regenüberschlagspannung zu verbessern und zudem durch Verringerung der Schirmzahl gegenüber der entsprechenden bisherigen Ausführung von 13 auf 11 Schirme eine Gewichtsverminderung zu erzielen.

Abb. 9. Langstab-Isolator mit gestaffelten Schirmabständen.

Porzellanstützer mit außen aufgekitteten Armaturen haben sich bei zweckentsprechender Konstruktion und sorgfältiger Kittung von jeher in allen Betrieben gut bewährt, sie haben aber den Nachteil, daß sie infolge der außen liegenden Armaturen besonders bei kleinen Spannungen eine verhältnismäßig große Bauhöhe erhalten und daß die Stoßüberschlagspannung bei positiver Stoßwelle wesentlich niedriger liegt als bei negativer Stoßwelle. Hinzu kommt, daß für die Armaturen eine verhältnismäßig große Eisenmenge benötigt wird. Die Siemens-Schuckertwerke bringen nun einen **kittlosen Stützisolator** auf den Markt, der diese Nachteile nicht hat. Seine Bauhöhe entspricht der vom VDE vorgeschriebenen Schlagweite, weil die Befestigungsarmaturen in das Innere der Porzellankörper verlegt sind, so daß Leitungsträger und Trennkontakte unmittelbar auf den Porzellankörper gesetzt werden können. Ein besonderes Herstellungsverfahren ermöglicht es, die Armaturen im Innern der Porzellane elastisch derart zu befestigen, daß bei der Einbringung in die Porzellankörper Spannungen nicht auftreten können. Die rohrartige Ausbildung der Armaturen (Abb. 10) verhindert eine Überbeanspruchung durch Wärmeausdehnung, wie sie bei innen gekitteten Isolatoren mit massiven Armaturen unvermeidbar ist. Der Eisenverbrauch bei ungekitteten Isolatoren ist äußerst gering, da die Armaturen nur aus einem dünnwandigen Rohr bestehen. Kopf- und Fußarmaturen im Isolator sind verschieden lang, so daß die Stoßüberschlagspannungen bei positiver bzw. negativer Stoßwelle praktisch gleich sind.

Abb. 10. Kittloser Stützisolator.

Die erstmalig auf der vorigen Leipziger Messe von der Steatit-Magnesia AG., Holenbrunn/Bayer. Ostmark, gezeigten **Hochspannungsstützer** aus Porzellan mit **abgeschmolzenem Hohlraum** haben in der Zwischenzeit bereits in größerem

Umfange Verwendung gefunden. Diese Hochspannungsstützer haben einen hermetisch abgeschmolzenen Hohlraum mit einer unter Atmosphärendruck stehenden Stickstoffüllung, so daß jegliches Eindringen von Feuchtigkeit selbst bei längerer Betriebszeit oder irgendwelche innere Entladungen unmöglich sind. Die weitere Entwicklung dieser Typen, die im wesentlichen für Freiluft-, aber auch für Innenraumanlagen verwendet werden, führte zur Herstellung von Stützern auch für höchste Spannungen. Die in Abb. 11 dargestellten Isolatoren stehen unter gleich hoher Spannung. Während bei dem einen Isolator, in dessen Innenraum etwas Feuchtigkeit eingedrungen ist, bereits starke Glimmentladungen und Gleitfunken auftreten, verhält sich der Isolator mit Trockenfüllung und Abschmelzung vollkommen ruhig und einwandfrei bis zur Überschlagspannung.

Abb. 11. Isolatoren auf dem Prüfstand. Rechts: Isolator mit abgeschmolzenem Hohlraum.

Hochspannungsschalter und -geräte.

DK 621.316.54.027.3 + 621.316.9

Beim Bau von kleineren Umspann- und Verteilungsstationen in Vorstädten und dünnbesiedelten Landbezirken wird mit Rücksicht auf die verhältnismäßig geringen Leistungen darauf gesehen, den Kostenaufwand klein zu halten. Der **Leistungstrennschalter,** besonders der öllose, hat sich hierbei als recht brauchbar erwiesen; eine neue Bauart von BBC, Mannheim, wird auf der Messe gezeigt. Die äußere Form (Abb. 1) dieses mit selbsterzeugter Druckluft arbeitenden Leistungstrennschalters gleicht der eines gewöhnlichen dreipoligen Trennschalters. Die drei oberen Stützer sind jedoch hohl und tragen je einen düsenförmigen Löschkontakt. Die drei mittleren Stützer bilden den Drehpunkt der Trennmesser, wovon jedes aus einem den Laststrom führenden Hauptmesser besteht und einem Hilfsmesser mit Funkenhorn, das dem Abschaltvorgang dient. Seitlich am Stahlgrundrahmen ist ein Druckluftzylinder mit Kraftspeicherfeder angebracht, der bei jedem Abschalten die zum Löschen des Lichtbogens notwendige Druckluft erzeugt. Der Schalter wird durch einen einfachen Gestängeantrieb betätigt. In die Verbindungsstange zwischen Handhebel und Schalter ist ein Freilauf eingebaut, der ein schnelles und von der Bedienungsgeschwindigkeit unabhängiges Ausschalten ermöglicht. Beim Einschalten schließen sich zuerst die Hilfsmesser und dann stromlos die Hauptmesser; gleichzeitig spannt sich die Kraftspeicherfeder. Der Leistungstrennschalter beherrscht Einschaltströme bis zu 12 kA Scheitelwert, wobei sich das Einschalten trotz Handbetätigung praktisch ohne jede Lichtbogenbildung vollzieht. Wird der Antriebshebel in die Ausschaltstellung gebracht, so wird die Kraftspeicherfeder freigegeben, die sodann folgendermaßen ausschaltet: Der Kolben des Druckluftzylinders wird nach oben geführt und die im Zylinder befindliche Luft verdichtet; die Hauptmesser öffnen sich stromlos und dann öffnen sich die Hilfsmesser mit dem Funkenhorn; die inzwischen erzeugte Druckluft strömt gleichmäßig durch die drei hohlen Stützer in die Löschkammern und löscht außerordentlich rasch den an den Hilfsmessern entstehenden Unterbrechungslichtbogen. Die schlagartige Bewegung des Kolbens und seiner Antriebsteile wird am Ende der Bewegung durch eine kleine Restmenge Druckluft abgedämpft.

BBC D 6099 I

Abb. 1. Dreipoliger Leistungstrennschalter Reihe 20 mit angebauten Hochleistungssicherungen.

Diese Leistungstrennschalter werden für Reihe 10 bis Reihe 30 und für Nennströme 400 und 600 A hergestellt, Abschaltvermögen 12 bzw. 16 MVA. Der Unterbrechungslichtbogen dauert auch beim Nennabschaltvermögen nicht mehr als 0,01 s. Die Schalter werden ohne und mit angebauten Hochleistungssicherungen geliefert. Diese Sicherungen[1]) sind geschlossene keramische Patronen mit einem Abschaltvermögen von 400 MVA bei Reihe 10 und 20, 500 MVA bei Reihe 30. Beim Durchschmelzen der Patrone springt an ihrem unteren Ende ein roter Kennknopf heraus.

Durch die steigende Verwendung von Hochspannungsmotoren in Industriebetrieben mit großer Schalthäufigkeit ist ein neues Anwendungsgebiet für elektrische Steuergeräte erschlossen worden. Für derartige Betriebe sind von der Voigt & Haeffner AG., Frankfurt a. M., **Hochspannungs-Luftschütze** entwickelt worden. Gegenüber den bisher verwendeten Ölschaltgeräten haben sie den Vorteil größerer Lebensdauer der Schaltstücke und einfacherer Wartung. Abb. 2 zeigt ein Schütz für 6 kV Nennspannung, das ebenso wie eine kleinere Type für 1 kV für 200 A Nennstrom bemessen ist. Mit dem 1 kV-Schütz können Kurzschlußläufer-Motoren bis 200 kW, mit dem 6 kV-Schütz Motoren bis 1200 kW auch bei schwerem Anlauf und bis zu 600 Schaltungen je Stunde gesteuert werden. Induktive Überströme vom zehnfachen Wert des Nennstromes werden in 0,01 s auch bei Tippschaltungen einwandfrei bewältigt. Die Geräte sind gegenüber der im Vorjahr gezeigten Ausführung weiter vereinfacht und verbessert worden. Die Lichtbogenkammern des 6 kV-Schützes werden jetzt vollkommen aus keramischem, lichtbogenfestem Baustoff hergestellt. Hierdurch wird außer einer Steigerung der zulässigen Motorleistung eine erhöhte Lebensdauer der dem Lichtbogen ausgesetzten Teile erreicht. Im angestrengten Betrieb großer Blechwalzwerke haben sich die Geräte als Umschaltschütze bewährt. Die Fernsteuerung von großen Motoren für Pumpen, Kompressoren, Holländer, Gebläse bietet weitere Anwendungsmöglichkeiten.

Abb. 2. Hochspannungs-Luftschütz für 6 kV, 200 A.

Die seit zehn Jahren zum Schutz gegen Gewitterüberspannungen bewährten **Kathodenfallableiter** der SSW konnten in der letzten Zeit wesentlich verbessert werden. Es ist gelungen, das Ableitvermögen des spannungsbegrenzenden Widerstandskörpers bedeutend zu steigern, so daß er Stoßströme von mehr als 100 000 A verträgt. Diese Entwicklung ist erst nach Errichtung einer Stromstoßbatterie[2]) bei den SSW ermöglicht worden, mit welcher selbst die größten im Blitzkanal vorkommenden Ströme im Laboratorium erzeugt werden können. — Einen weiteren wesentlichen Fortschritt stellt die Einführung des **Potential-Steuerringes** zur Verbesserung der Ansprechverhältnisse der Kathodenfallableiter für die Spannungsreihen von 100 kV und darüber dar. Mit Hilfe dieses Steuerringes erzielt man einen Stoßfaktor, der kleiner als 1,0 (etwa 0,9) ist. Der Ableiter spricht also beim Auftreten von Gewitterüberspannungen besonders empfindlich an. (Bei den Kathodenfallableitern für Spannungen unter 100 kV wird der geringe Stoßfaktor durch eine besondere Ausführung der Vorfunkenstrecke mit geteilten Elektroden erreicht.) Der Potential-Steuerring besteht aus einem Metallring, der über einen hochohmigen Widerstand mit der dauernd an der Betriebsspannung liegenden oberen Ableiterkappe verbunden ist. Die Wirkungsweise des Steuerringes geht aus der experimentell aufgenommenen Potentialverteilung in

[1]) Vgl. BBC-Nachr. 25 (1938) S. 137.
[2]) ETZ 59 (1938) S. 201.

Abb. 3 hervor. Auf der rechten Seite des Bildes ist die Potentialverteilung bei normaler Wechselspannung dargestellt. Man erkennt, daß für diesen Fall der auf die Vorfunkenstrecke entfallende Spannungsanteil gering ist. Die Wechselansprechspannung des gesamten Ableiters ist deshalb hoch. Bei Stoßbeanspruchungen dagegen (linke Bildseite) erhält die Vorfunkenstrecke einen erheblich größeren Spannungsanteil, so daß die Stoßansprechspannung des gesamten Ableiters bei viel kleineren Werten liegt. Eine möglichst niedrige Stoßansprechspannung ist aber im Interesse einer guten Schutzwirkung erwünscht. Auf der Leipziger Messe sind Kathodenfallableiter sowohl für Niederspannung als auch für Hochspannung von 1,5 bis 132 kV ausgestellt.

Abb. 3. Potentialverteilung bei einem Kathodenfallableiter mit Steuerring bei Wechselspannung (rechte Bildseite) und bei Stoßspannung (linke Bildseite).

Hochspannungs-Hochleistungs-(HH)-Sicherungen sind in großer Stückzahl auch an Netzstellen eingebaut, an denen das große Abschaltvermögen eigentlich nicht ausgenutzt wird. In derartigen kleineren Stationen von 50 bis 150 kVA, die oft nicht mit Überspannungsschutzgeräten ausgerüstet sind, müssen die Sicherungen bei Gewittern sehr häufig Überschläge an den Transformatordurchführungen abschalten, und der Ersatz der hochwertigen HH-Sicherungsröhren bedingt verhältnismäßig hohe Kosten. Aus diesem Grund wurde von den Siemens-Schuckertwerken eine Sicherung entwickelt, die in ihrer Arbeitsweise den HH-Sicherungen gleich ist, also eine geschlossene, schnellabschaltende Sicherungsröhre darstellt, die jedoch — unter Beschränkung ihrer Anwendung auf Innenraumanlagen und auf Netzstellen mit einer Kurzschlußleistung bis zu 100 MVA — konstruktiv so durchgebildet ist, daß sie nach dem Durchbrennen in einfacher und billiger Weise durch die Betriebsmannschaft der Elektrizitätswerke instandgesetzt werden kann. Diese Sicherungsröhren mit der Bezeichnung **HM-(Hochspannungs-Mittelleistungs-)Sicherungen** werden für Nennspannungen bis 20 kV und für solche Nennstromstärken geliefert, daß Verbraucher bis etwa 200 kVA damit geschützt werden können.

Ihre Abmessungen entsprechen denen der HH-Sicherungsröhren, so daß sie ohne weiteres ausgetauscht werden können. Im Gegensatz zu dem Porzellanrohr der HH-Sicherungen ist bei den HM-Sicherungen das Rohr aus einem Sonderglas hergestellt, so daß während der Instandsetzung der Einblick in die Röhre möglich ist. Die Schmelzleiter werden an die Kontaktkappen mit Hilfe einer Kegelklemmverbindung angeschlossen, die durch die Deckel der Sicherungsröhre zwangsläufig gesichert wird. Die Schmelzleiter und das Löschpulver werden in einer besonderen Verpackung geliefert und sind damit so vorbereitet, daß zur Instandsetzung der Sicherung kein weiteres Werkzeug als ein normaler Schraubenzieher erforderlich ist.

Schwarzfärber & Co., Nürnberg-Reichelsdorf, stellen als Neuerung **Spannungswandler-Sicherungen** 0,75 und 1 A der Reihen 3, 6, 10, 20 und 30 aus. Die Sicherungen sind mit einem neuartigen Kennzeichen ausgestattet, das durch Schwärzung — infolge Verdampfung einer dünnen Edelmetallschicht — das Unterbrechen der Schmelzleiter anzeigt. Neu ist auch die Anordnung der Schmelzleiter auf keramischen Trägern, die im Porzellanrohr der Sicherung erstmalig durch Mittenführung zentral gehalten werden. Der mit Parallelplatten versehene Träger ermöglicht die allseitige und vollständige Umhüllung der Schmelzleiter aus koronasicheren Werkstoffen mit pulverigem Lichtbogenlöschmittel, das nach einem besonderen Verfahren auf ganzer Länge gleichmäßig dicht und stark eingefüllt und gepreßt ist. Versuche haben gezeigt, daß die Spannungswandler-Sicherungen bei Einbau nur einer Patrone im Kurzschlußkreis imstande sind, den Kurzschlußstrom eines Hochleistungsprüffeldes (6 kV, 63 MVA) auch ohne jeden Vorschaltwiderstand in weniger als einer Halbwelle abzuschalten. Die Unterbrechungs-Überspannungen, beobachtet am Kathodenstrahl-Oszillographen, sind gleich oder kleiner als die 2,2-fache Prüfspannung.

Die Gruppe der stationären **Gleichstrom-Hochspannungsprüfgeräte**[1]) der Fa. Richard Jahre, Berlin, wurde um einen neuen Typ bereichert, welcher Spannungs- und Durchschlagsprüfungen bis 20 000 V Gleichstrom gestattet. Das Gerät ist in der Bedienung ebenso einfach wie die kleineren Typen, d. h. es ist durch Einstecken der Verbindungsleitung in die normale Netzsteckdose sofort betriebsfertig. Die Abmessungen von 760 · 500 · 300 mm bedeuten nur eine geringe Vergrößerung, da auch bei diesem Typ der Regelwiderstand von 0 bis 20 000 V und das Hochspannungsvoltmeter im Gehäuse eingebaut sind.

[1]) Vgl. a. ETZ 56 (1935) S. 309 u. 58 (1937) S. 245.

Installationstechnik.

DK 621.315/.316

Rohrdrähte sind ein bekanntes und in der Verarbeitung immer mehr bevorzugtes Installationsleitungsmaterial. Während man sie bisher viel bei Nachinstallationen auf Putz benutzte, werden sie neuerdings auch unter bzw. im Putz verlegt. Gut geeignet hierfür sind die Rapid-**Rohrdrähte** der Fa. Paul Jordan, Berlin. Dieser Verlegung, der zuweilen noch mit etwas Mißtrauen begegnet wird, gingen umfangreiche Versuche voran, die von der Herstellerfirma zusammen mit der Deutschen Reichspost und der Kriegsmarine seit fünf Jahren durchgeführt wurden. Bei diesen Versuchen wurde bei einem Teil der Anlagen besonderer Wert auf eine gute Abschirmung gelegt, die durch die metallischen Mäntel der Rohrdrähte erreicht wird. Natürlich muß bei der Rohrdraht-Verlegung im oder unter Putz auf einen feuchtigkeitssicheren Abschluß der Einführungsöffnungen für die Rohrdrähte bei Verbindungs- und Abzweigdosen, Schaltern und Steckdosen geachtet werden. Eine geeignete Verbindungs- und **Abzweigdose** hat die Firma zur Messe neu entwickelt.

Bei der Verlegung von Feuchtraumleitungen und Kabeln ist die Beschaffenheit des Befestigungsmaterials ausschlaggebend für Güte und Schnelligkeit der Arbeit. Ein sehr einfaches Arbeiten gestattet die schraubenlose **Isolierstoff-Abstandschelle,** die unter dem Namen „Triumph" von W. Eugen Fischer, Wuppertal-Barmen, ausgestellt wird (Abb. 1). Die Schelle ist völlig metallfrei, ohne Federn und Schrauben. Das Unterteil wird wie üblich auf der Wand befestigt und nach Einlegen des Kabels das Oberteil einfach aufgedrückt; dabei bilden die elastischen gezahnten Leisten eine feste Verbindung, die aber durch Zurückdrücken einer Zahnleiste mit Hilfe eines durch das ausgesparte Fenster eingeführten Schraubenziehers leicht gelöst werden kann. Die Schelle paßt für Kabelquerschnitte von 11 bis 19 mm.

Abb. 1. Isolierstoff-Abstandschelle.

Um zu vermeiden, daß beim Befestigen von Schellenunterteilen auf der Wand mittels Schrauben Brüche unter dem Einfluß der Schraubenspannung eintreten, ist die neue keramische **Niedax-Schelle** (Niedergesäß & Co., Berlin) mit einem Bügel ausgestattet, der die Schraubenspannung indirekt überträgt. Der Bügel nimmt auch die Befestigungsschraube des Oberteils auf. Die keramischen Teile gruppieren sich nach Abb. 2 lose um den Bügel und bekommen mit diesem erst dann festen Schluß, wenn das Schellen-Oberteil durch Anzug seiner Schrauben auf die Leitung festgedrückt wird. Der Vorteil einer solchen Schelle ist offenbar: Nicht die Schellen, sondern die Bügel, die jede Spannung und Behandlung vertragen, sind mit der Wand verbunden. Die keramischen Schellenteile, die erst nachträglich verbunden werden, sind somit von der Dübel- oder Schraubenspannung entlastet. Da die Gewindeschrauben des Schellen-Oberteiles in den Bügellappen münden, erübrigen sich besondere Gewindebuchsen im Unterteil. — Die Fa. Niedergesäß stellt außerdem einen neuen metallfreien **Dübel** aus, der für sieben Holzschraubensorten 2,5 bis 5 mm paßt. Der Dübel wird durch die Schraube selbst gespreizt, und zwar wird eine sogenannte Tiefenspreizung (in der besten Tragschicht des Mauerwerks erzielt.

Abb. 2. Keramische Schelle.

Aus den bekannten Klemmleisten aus Kunstharz, bei denen sich die einzelnen Klemmen wie Schokolade abbrechen lassen, die aber auch als Ganzes verwendet werden können, wurde eine Riesen-Klemmleiste für Leitungen bis zu 16 mm² geschaffen, die die Firma Erk G. m. b. H., Ruhla, herstellt. Die **Riesen-Klemmleiste** ist verwendbar für Motoren, Transformatoren, Gleichrichter, Schaltanlagen, elektrische Maschinen der verschiedensten Art, vor allem aber auch für Prüffelder. Die 170 · 30 · 20 mm große Klemmleiste enthält zwölf kräftige vernickelte Klemmen mit Schrauben; sie kann durch einfaches Abbrechen zerlegt werden.

Ein unentbehrliches Hilfsmittel im Laboratorium und Prüffeld ist die **Krokodilklemme** zur Herstellung von provisorischen Verbindungen. Diese Klemmen können jedoch bei feineren Drähten infolge der groben Riffelung keinen sicheren Kontakt gewährleisten. Bei der neuen Krokodilklemme von Konski & Krüger, Berlin, sind außer der üblichen Zahnung für stärkere Drähte noch besondere Klemmbacken für feine Drähte vorgesehen. Der Schaft der Universalklemme ist als federnde Hülse ausgebildet, zu der alle normalen Bananenstecker passen.

Ein **zweipoliger Drehschalter,** den Gust. Giersiepen sen., Radevormwald (Rhld.) ausstellt, zeigt eine neuartige Konstruktion[1]), die sehr niedrige Bauhöhe bei Einhaltung großer Kriechstrecken ermöglicht. An einem ringförmigen, in eine Funkenlöschkammer des Sockels eingreifenden Ansatz des Schaltrades ist eine innere Kontaktbahn angeordnet, die der üblichen äußeren Kontaktbahn gegenübersteht; die beweglichen Stromschlußbrücken liegen also radial. Die Bauweise ist ebenso auf Umschalter, Serien-, Wechselschalter und dreipolige Schalter anwendbar.

Für die elektrische Grundstücksbeleuchtung jeglicher Art gibt es wohl Schalter, welche durch Drehknopf, Hebel oder Drücker betätigt werden, jedoch ist es wichtig, daß diese Betätigungsteile so vertieft liegen, daß ein Beschädigen und damit die Beschädigung des gesamten Mechanismus durch Stoß ausgeschlossen ist. Bei einem Großteil der Schalter ist auch noch die Gelegenheit da, den Schalter zum Aufhängen von Kleidungsstücken usw. zu benutzen. Von diesem Gedanken ausgehend hat die Fa. Ellinger & Geißler, Dorfhain, den Elgesit-**Eindruckschalter** auf den Markt gebracht, bei dem die Schaltteile so versenkt lagern, daß eine Beschädigung unmöglich erscheint (Abb. 3).

Abb. 3. Eindruckschalter.

[1]) DRP. 661 619, Rud. Giersiepen, 16. 10. 1937.

Neuzeitliche Großbauten stellen eine Reihe schaltungstechnischer Aufgaben, die mit den bisher bekannten Mitteln nur unzulänglich zu lösen waren. Die Siemens-Schuckertwerke zeigen daher für diese Aufgabe auf der Leipziger Messe einen **starkstromgesteuerten Installations-Selbstschalter.** Der Aufbau des Schalters geht aus Abb. 4 hervor. In einer Magnetspule mit zwei Wicklungen wird je nach Erregen der einen oder anderen Wicklungshälfte ein Anker hin und her geschoben, dessen Ende an einer Blattfeder angreift und diese dadurch nach oben und unten durchbiegt. In der oberen Stellung berührt der auf der Blattfeder aufgebrachte Kontakt einen Gegenkontakt und schließt damit den Stromkreis. Ein am anderen Ende des Ankers befindlicher Umschalter schaltet nach Erregung jeweils die Ein- oder Ausschaltspule ab, so daß der zur Betätigung des Schalters erforderliche Strom nur während der kurzen Zeit der Schaltbewegung fließt.

a Bimetallstreifen(-relais
d_1 Schaltfeder
l_1 Einschaltspule
l_2 Ausschaltspule
m_1 Unterbrechungskontakt
m_2 Auslösekontakt
m_3 Spulenumschalter
Si Sicherung

Abb. 4. Starkstromgesteuerter Installations-Selbstschalter.

Der Schalter dient gleichzeitig als Installations-Selbstschalter. Er hat ein eingebautes Bimetallrelais mit Leitungsschutz-Kennlinie, das den angeschlossenen Stromkreis bei Überlastung abtrennt. Den Kurzschlußschutz übernimmt eine eingebaute, leicht auswechselbare Sicherungspatrone, die Kurzschlußströme bis 10 000 A sicher abschaltet. Der Schalter hat damit ein ausreichendes Maß an Kurzschlußfestigkeit, um in Großinstallationen auch das direkte Abzweigen von Stromkreisen von starken Ring- oder Maschinennetzleitungen zu ermöglichen.

Mit diesen Schaltern kann man von einer zentralen Stelle aus jeden gewünschten Stromkreis beeinflussen (Ausschalten bei Luftschutz, Einschalten für Diebesbeleuchtung usw.). Außerdem kann man durch Umlegen eines Sperrschalters in der zentralen Stelle die örtlichen Steuerschalter außer Betrieb setzen und so verhindern, daß durch die örtlichen Schalter unerwünschte Schaltungen vorgenommen werden. Bei Verwendung eines Notstromsatzes, der fast immer nur für einen Teil der Gesamtleistung bemessen werden kann, kann man darauf verzichten, von vornherein nur bestimmte Stromkreise für die Notstromversorgung zuzulassen, da man es durch die neue Schaltungsart in der Hand hat, die mit Notstrom zu versorgenden Leitungsteile entsprechend der Leistung des Satzes von Fall zu Fall auszuwählen und die übrigen zu verriegeln. Die mehrfache Verwendungsmöglichkeit des gleichen Schalters für verschiedene Zwecke läßt den Kostenaufwand gegenüber bisherigen Lösungen wesentlich geringer werden.

Neue **Verteilerkasten mit Kleinautomaten,** ein- oder zweipolig, 2 bis 15 A, mit Wärme- und Schnellauslöser stellt die AEG aus. Die Verteilerkasten können einzeln oder zusammengebaut verwendet werden. Sie sind nach Schutzart P 44 gekapselt und haben unten einen Flansch für die Zuleitung, oben für jeden Abzweig ein Loch mit Panzerrohrgewinde. Die Automaten haben Drehknöpfe und eine Anzeigevorrichtung für die Schaltstellung.

Ein **Zwischenstecker** (Abb. 5) für Geräteschnüre reduziert die großen Steckerhülsen der Gerätestecker auf normalen Durchmesser, so daß jede Heizgeräteschnur im Bedarfsfall auch als Verlängerungsschnur verwendet werden kann. Auch Heizgeräteschnüre untereinander können mit dem Zwischenstecker verbunden werden. Der Zwischenstecker, hergestellt von Richard Geimer, Berlin-Schöneberg, besteht aus zwei in Isolierpreßstoff eingebetteten Messingstiften, die innen hohl gebohrt sind. Mit ihren Außenflächen werden sie kontaktgebend in die Hülsen des Gerätesteckers eingeführt, während die Innenbohrungen zur Aufnahme der Steckstifte des Normalsteckers bestimmt sind. Die stromführenden Steckerhülsen sind nach beiden Seiten mit Schutzkragen versehen, also berührungssicher abgedeckt. Der Verwendungszweck des Zwischensteckers erstreckt sich auf alle normalen zweiadrigen Zuleitungen, wie sie in Wohnräumen verwendet werden. Eine in eine Verlängerungsschnur umgebildete dreiadrige Schuko-Zuleitung darf in gefährdeten Räumen nicht verwendet werden, weil sie mittels des Zwischensteckers hier nur zweiadrig fortgeführt werden kann. Aus diesem Grunde ist der Zwischenstecker am oberen Rande mit einem Papierring mit entsprechendem Warn-Aufdruck versehen.

Abb. 5. Zwischenstecker.

Mit der zunehmenden Verbreitung elektrischer Hausgeräte werden auch die **Mehrfach-Steckdosen** wichtiger, die eine vollkommenere Lösung darstellen als der Mehrfachstecker, der freilich auch seine Bedeutung behalten wird. Abb. 6a zeigt eine Tischsteckdose von Gebr. Berker, Schalksmühle, mit drei

Abb. 6a u. b. Mehrfach-Steckdosen.

Anschlüssen; die Dose kann auch an der Wand befestigt werden. Zweckmäßiger für die Wand ist allerdings die Dreifach-Wandsteckdose (Abb. 6b), die an Stelle der Einfach-Steckdose in das Unterputzgehäuse eingesetzt wird. Die Firma stellt u. a. noch den bereits früher beschriebenen[1]) dreipoligen **Kippschalter** in verbesserter Ausführung aus; er ist hauptsächlich für kleine Drehstrommotoren bestimmt, an die er angebaut werden kann. Da 9 rückseitige Anschlußklemmen vorhanden sind, ist ein Klemmbrett nicht nötig.

[1]) ETZ 58 (1937) S. 222.

Elektrowärme in Industrie und Haushalt.

DK 621.365

Wir beginnen mit industriellen Öfen und Heizeinrichtungen, wenden uns dann über die elektrischen Küchen den mannigfachen Haushaltgeräten zu und schließen mit der Elektroschweißung.

Die Siemens-Schuckertwerke AG. zeigen **Nitrieröfen** in zwei Ausführungen. Der normale Nitrierofen ist ein Kammerofen[1]), der z. B. mit Vorfahrtisch und einfahrbarem, gasdicht verschlossenem Nitrierkasten gebaut wird. Diese Kammeröfen werden in verschiedenen Normalgrößen ausgeführt. Abb. 1 zeigt dagegen einen neuartigen Haubenofen, der für eine Groß-Nitrieranlage entwickelt wurde. Bei dieser Ausführung wird eine hitze- und ammoniakbeständige Zwischenhaube verwendet, deren unterer hierzu besonders ausgebildeter Rand in eine Öltasse taucht. Durch diese Bauform wird die sonst für die Nitrierkästen erforderliche Schraubdichtung vermieden, was gerade bei großen Nutzraumabmessungen als besonderer Vorteil zu bezeichnen ist. Wie aus Abb. 1 noch ersichtlich, ist im Ofensockel ein Lüfter zur Gasumwälzung vorgesehen.

[1]) Vgl. Zerpner, ETZ 57 (1936) S. 326

Bei der Raumheizung macht man sich immer mehr die Vorteile der elektrischen Luftheizung — stete Betriebsbereitschaft, schnelle Aufheizung des Raumes usw. — zunutze. Die SSW

a Heizhaube
b Schutzhaube
c Sockel
d Öltasse, wassergekühlt
e Gaszu- und -ableitung

Abb. 1. Elektro-Nitrier-Haubenofen, 25 kW, 500° C.

zeigen daher auf der Messe (Abb. 2) einen **elektrischen Lufterhitzer**, der sich sowohl für die Beheizung wenig gebrauchter Räume als auch für die elektrische Vollheizung von Räumen eignet, wenn die Strompreise oder sonstige Umstände die elektrische Vollheizung an sich wirtschaftlich erscheinen lassen. In dem elektrischen Luftheizgerät wird die Luft durch einen Schraubenlüfter angesaugt, über das Heizregister und durch verstellbare Jalousien in den Raum gedrückt. Vor dem Lüfter ist eine Umschaltklappe angebracht, die es ermöglicht, wahlweise Frischluft oder Umluft oder ein Gemisch aus beiden durch den Erhitzer zu drücken. Die Leistungsaufnahme derartiger Geräte liegt zwischen 10 und 75 kW. Die Leistung ist, wenn man von der geringen Widerstandszunahme des Heizdrahtes bei Temperaturerhöhung absieht, unabhängig von der Lufttemperatur. Die bei Strahlungsheizkörpern mit hoher Drahttemperatur oft wahrgenommene Geruchbildung durch Staubverbrennung tritt bei gut durchgebildeten elektrischen Luftheizgeräten nicht auf, weil eine nennenswerte Staubablagerung ausgeschlossen ist.

Abb. 2. Elektrischer Lufterhitzer, 20 kW.

Oft wird die Aufgabe gestellt, langgestreckte Körper oder große Flächen gleichmäßig zu erwärmen. Für diese Zwecke zeigen die SSW sogenannte **Heizkabel** (Abb. 3). Sie bestehen

Abb. 3. Heizkabel.

im wesentlichen aus einem Widerstandsdraht mit einer wärmebeständigen Isolierung und einer metallischen Schutzhülle (Bleimantel, gefalzter Bleimantel bzw. beides oder Bleimantel mit Bewehrung) und werden benutzt für die Beheizung von Treibbeeten, in Gewächshäusern, im Gartenbau[1]), für die elektrische Beheizung von Fußböden, Wänden, Decken[2]), für

[1]) W. Kind, ETZ 59 (1938) S. 913.
[2]) W. Kind, ETZ 58 (1937) S. 785.

die Erwärmung von Dachrinnen, um im Winter den Wasserablauf freizuhalten, für die Beheizung von freiliegenden Rohrleitungen, Ventilen u. ä. gegen Einfrieren usw. Wo keine hohen Temperaturen verlangt werden, sind Heizkabel mit Asbestisolierung angebracht. Für höhere Temperaturen nimmt man vorteilhaft die sog. Hochleistungs-Heizkabel, deren Isolierung aus aufgereihten Porzellanperlen besteht, über die ein nahtloser Bleimantel gezogen ist.

Dickflüssige und geschmolzene Massen, wie Öle, Fette, Harze, Schwefel, Teer, Asphalt usw. verursachen in normalen unbeheizten Auslaufhähnen durch große Zähigkeit oder durch vorzeitiges Erstarren immer Schwierigkeiten beim Zapfen. In all diesen Fällen bringt der elektrisch **geheizte Auslaufhahn** Abhilfe, wie ihn die Fa. Georg Seipel, Berlin SW 29, zeigt. Im Gehäuse des Hahnes befinden sich zwei Bohrungen zur Aufnahme elektrischer Heizpatronen (Abb. 4) . Durch Einschalten

a Heizpatrone
b Kesselwand
c Schraube zum Reinigen

Abb. 4. Elektrisch geheizter Auslaufhahn.

dieser beiden Patronen oder nur einer davon ist auch eine Regelungsmöglichkeit gegeben. Zur möglicherweise erforderlichen Reinigung des Hahnes ist in Richtung der Längsachse eine Schraube vorgesehen, nach deren Entfernung der Hahn leicht durchstoßen werden kann.

Auf dem Gebiet der elektrischen Küche bietet die Messe zahlreiche Beispiele. Die Vosswerke AG., Sarstedt b. Hannover, zeigen u. a. einen **Schiffsherd** (Abb. 5) für elektrische Heizung mit 6 Kochplatten (3 Kochstellen), je einem untergebauten Bratofen und Wärmeschrank. Die technische Durchbildung des Herdes zeigt für den Fachmann interessante Neuerungen, z. B. den schönen und zweckmäßigen Kochplatteneinbau, den völlig schwadendichten Zusammenbau der Bratofenmuffel mit dem Türrahmen und die wärmetechnisch gute Anordnung der Bratofenbeheizung.

Abb. 5. Schiffsküche.

Ein **Wasserbad-Dampfkochkessel** der gleichen Firma ist mit einer unbedingt sicher wirkenden Schutzeinrichtung gegen Trockengehen und ferner mit selbsttätiger Kochtemperaturregelung ausgerüstet. Der Kochkessel ist als widerstandsbeheizter Wasserbadkessel in doppelwandiger Ausführung gebaut. Der Außenkessel ist aus Flußstahl, der Innenkessel fugenlos aus Nirosta hergestellt. Beide Kessel sind dampfdicht miteinander verbunden. Der Außenkessel hat eine muldenartige Bodenvertiefung — das Wasserbad —, in welche die Heizeinrichtung und der Trockengehschutz eingebaut sind. Die Heizeinrichtung besteht aus haarnadelförmigen Tauchheizkörpern mit darüber angeordnetem Trockengehschutz. Infolge der Verwendung von schnellwirkenden und kapazitätsarmen Tauchheizkörpern für diese Kochkessel, die sich in einem außerordentlich kleinen Wasserbad unterbringen lassen, ergeben sich kurze Ankochzeiten und günstige Wirkungsgrade.

Weiterhin stellen die Vosswerke eine elektrisch beheizte **Fleischereikochanlage** aus (Abb. 6), eingerichtet für selbsttätige

Abb. 6. Fleischereikochanlage für elektrische Heizung und mit selbsttätiger Temperaturregelung.

Kochtemperaturregelung für jeden Kessel und für Fernsteuerung der Heizeinrichtung durch eine Schaltuhr. Diese Kesselanlage ist in bewährter Ausführung in Gerüstbauweise hergestellt. Die Kessel sind von oben in eine Labyrinthdichtung eingesetzt und schließen den Innenraum völlig schwallwasserdicht ab. Die Heizeinrichtung ist nur unter dem Kesselboden angebracht und gewährleistet in jeder Regelstufe stets gleichmäßige Wärmeverteilung.

Bei einem neuen **Bügeleisen** der Ehrich & Graetz AG., Berlin, hat der Heizkörper nicht den bekannten Glimmeraufbau, sondern ist nach der bewährten Weise der Graetz-Kochplatten als perlenisolierter Heizleiter aufgebaut (Abb. 7). Er weist hohe Isolationsfestigkeit auf; der sogenannte „Fahnenanschluß" ist vermieden, der Heizleiter ist direkt bis zu den Steckerstiften durchgeführt. Das Widerstandsmetall ist nickelfrei. Der Perlenheizkörper ist in Nuten der Sohle verlegt und gewährleistet eine vorzügliche Wärmeübertragung auf die Sohle.

Abb. 7. Bügeleisensohle mit perlenisoliertem Heizleiter.

Der neue Graetz-**Strahlofen** ist ganz aus Aluminium hergestellt und weicht von der bisher üblichen Form ab. Technisches Interesse verdient er auch deshalb, weil an ihm alle Befestigungsteile für die Heizkörper, für den Reflektor und für den Schalter aus der Rückwand herausgedrückt sind.

Bei den elektrischen **Warmwasserspeichern** von Ehrich & Graetz AG., Berlin, mit 80 l-Glasinnenbehälter sind erhebliche Verbesserungen vorgenommen worden. Der Glasbehälter selbst hat eine Form nach Abb. 8 erhalten. Zur Befestigung des

a Außenmantel
b Glasinnenbehälter
c Halsring, einteilig
d Hilfsflansch
e Zwischenlage
f Kupferplattierung
g Unterlage
h Flanschplatte
k Temperaturregler
m Zulaufrohr und Überlaufrohr
n Heizkörper
o Wärmeisolation

Abb. 8. 80 l-Speicher mit Glasbehälter.

Abschlußflansches dient ein Hilfsflansch, der an den unteren konisch ausgebildeten Hals des Glasbehälters mit Hilfe eines einteiligen gleichfalls konisch ausgebildeten Halsringes befestigt ist. Der konische Glashals ist außen gesandstrahlt, um ein festes Aufliegen der Packung zu gewährleisten, für die sich ein Bremsbelagmaterial als besonders günstig erwiesen hat. Der einteilige Halsring ist aus einer korrosionsbeständigen Aluminiumlegierung hergestellt und besitzt innen zwei Aussparungen, die es gestatten, den konischen Ring in einer bestimmten Schräglage auf den etwas größeren konischen Hals aufzubringen. Der mit diesem Halsring verschraubte Hilfsflansch ist an den Stellen, die mit Wasser in Berührung kommen, kupferplattiert. Der Hilfsflansch ist mit dem Außenmantel unter Zwischenlage einer Wärmeisolierung fest verschraubt, so daß der Glasbehälter von allen mechanischen Beanspruchungen entlastet ist. — Der Speicher ist mit einer Heizleistung von 3 kW, unterteilt in 1 und 2 kW ausgerüstet. Zur Temperaturregelung dient ein Doppelthermostat für etwa 60° und 85° Wassertemperatur. Eine Anzapfung gestattet, etwa ⅓ des Inhaltes im Ablaufbetrieb zu entnehmen. Zum Anschluß eines Belüftungsventiles ist außerdem ein Belüftungsrohr vorgesehen.

In der Landwirtschaft müssen häufig größere Heißwassermengen erwärmt werden. Hierfür wurde im Einvernehmen mit den zuständigen Stellen des Reichsnährstandes der sogenannte **Eimersieder** geschaffen, der bei 2 kW Heizleistung die Erwärmung von 6 l Wasser in etwa 20 min, von 9 l Wasser in etwa 30 min bis zum Siedepunkt ermöglicht (Abb. 9, Ausführung der Firma Eltron, Berlin-Tempelhof). Für die Heizung von Flüssigkeitsbehältern in der Industrie werden außer den bewährten Ringheizkörpern nunmehr von Eltron auch **Rundstabheizkörper** nach einem neuen Herstellungsverfahren gebaut[4]). Derartige Heizkörper werden z. B. auch zum Einbau in Speisenwärmer verwendet (Abb. 10).

Abb. 9. Eimersieder.

Abb. 10. Rundstab-Heizkörper.

Klein-Heißwasserspeicher von 8 l Inhalt baut Eltron nunmehr mit Porzellan-Innenbehältern. Bei einer Verwendung als Frisörspeicher setzt sich häufig die Schlauchbrause mit Kesselstein zu, was einen Überdruck im Innenbehälter ergibt. Eltron bringt zur Behebung dieses Mangels ein neues Druckschutzventil an, das jedes Auftreten von Überdruck im Speicherinnern vermeidet.

Die fortschreitende Einführung elektrisch beheizter Kessel verlangte, daß die keramische Industrie geeignete Heizdrahtträger entwickelte. Für kleine Kessel bis zu etwa 300 mm Durchmesser kann man keramische Heizplatten in einem Stück verwenden. Bei Kesseln mit größeren Durchmessern (also bis zu etwa 1,5 m Dmr.) war man bisher gezwungen, auf dem Kesselboden eine Reihe nicht zusammenhängender Einzelelemente anzubringen. Die Nachteile dieser Anordnung waren eine ungenügende Wärmeverteilung und die schwierige und umständliche Schaltungsweise insbesondere bei Drehstrom, für welchen Großgeräte vorwiegend eingerichtet sind. Die Steatit-Magnesia A.G., Berlin-Pankow, hat neuerdings eine **Strahlheizplatte** entwickelt, durch welche die vorgenannten Nachteile beseitigt sind. Diese neue Platte (Abb. 11) hat die Form eines Rhombus, und man hat mit ihr die Möglichkeit, durch Zusammensetzen mehrerer solcher Stücke beliebig große Heizflächen zu schaffen. Die Heizkanäle für die Wendelführung sind so angeordnet, daß der Heizkörper in einfacher und billiger Weise für Gleich-, Wechsel- und für Drehstrom eingerichtet werden kann. Zweckmäßig werden die Rhombus-Platten auf Sextanten aus Blech aufgesetzt und sechs derartige Elemente zu einer Kreisplatte vereinigt. Bei Ausfall eines Heizkörpers bietet sich hierdurch eine bequeme Auswechselbarkeit.

Abb. 11. Rhombus-Strahlheizplatte.

Für die zeitliche Einschaltung von Elektroherden, insbesondere der oftmals in diesen vorgesehenen Dämpfröhren, hat die Paul Firchow Nachfgr. AG., Berlin, eine neue **Kochzeit-Schaltuhr** entwickelt. Diese bietet insbesondere dem

[4]) Mörtzsch, ETZ 59 1938) S. 1005 u. 1033.

privaten Haushalt den Vorteil, ohne Beaufsichtigung das jeweilige Kochgut von und bis zu einer gewünschten Zeit garzukochen. Die Schaltuhr schaltet von sich aus zu einer beliebig wählbaren Zeit den Elektroherd ein, der dann nach Ablauf der gleichfalls einstellbaren Kochzeit selbsttätig abgeschaltet wird. Die isolierstoffgekapselte Uhr wird mit einem Drehknopf bis zur gewünschten Wartezeit (0 bis 9 Stunden) aufgezogen und mit einer Scheibe auf die erforderliche Kochzeit (3/4 bis 4 1/2 Std.) eingestellt. Das Werk beginnt sofort zu arbeiten, durchläuft die Wartestunden, schließt dann den Schalter und kommt nach Ablauf der Kochzeit und nach Öffnen des Schalters in der Endlage wieder zur Ruhe. Die Einstellungen können jederzeit geändert oder auch vor Ablauf gänzlich zurückgestellt werden. Die Leistung des Schalters beträgt bei 1- oder 2poliger Anordnung 10 bis 15 A.

Die Entwicklung eines **Steingut-Leuchtofens** ist von der AEG begonnen worden, um im Rahmen des Vierjahresplanes in der Beschaffung von Stahlblechen freier zu werden. Der konstruktive Aufbau des bisher gebauten Leuchtofens mit Blechgehäuse konnte nicht übernommenwerden; die Heizkörper, die Reflektoren, der Schalter, der Kontaktschutzkasten und die Rückwand wurden zu einem außerhalb des Steingutgehäuses fertig aufgebauten Teil zusammengefügt, der nachträglich in das Gehäuse eingesetzt werden kann. Dieser Einbauteil ist so durchgebildet, daß auch beim etwaigen Zerstören des keramischen Gehäuses keine spannungführenden Teile berührt werden können. Trotzdem ist die Einsparung an Stahlblech noch bedeutend. Der Einsatz besteht aus einem mit dünnem Stahlblech aufgebauten Kasten, in den die beiden Reflektoren, d. h. verchromte, hochglanzpolierte Strahlbleche eingefügt sind. Die mit einem einpoligen 10 A-Schalter regelbaren beiden Heizkörper (auf Stäben aufgewickelte offen liegende Heizleiterwendel) nehmen je 500 W auf. Der Einsatz wird in das keramische Gehäuse eingeschoben und durch von vorn zugängliche Schrauben mit dem verschromten Stahlrost-Gitter zusammen festgeschraubt; dadurch ist erreicht, daß im Steingutrahmen selbst keine Öffnungen enthalten sind, die durch Schraubenbefestigungen beansprucht werden.

Die Firma Emil Löw in Baden-Oos stellt wieder **elektrokeramische Öfen** aus[1]). Die Speicheröfen, mit Leistungen von 2 bis 7 kW, die den Nachtstrom ausnutzen, haben eine neue Gestalt bekommen. Der technische Innenausbau ist derselbe geblieben, denn er hat sich nun seit eineinhalb Jahrzehnten in der Praxis bewährt. Lediglich in der Reihe der Tagstromöfen ist eine neue Type geschaffen worden mit größerer Leistungsfähigkeit. Es ist dies ein 4 kW-Ofen, der ebenfalls ausgestellt ist.

Abb. 12. Kabelanschlußplatte in einem Heizkissen.

Die **Heizkissen** der Fa. Beurer & Co., Ulm-Donau, besitzen eine zweckmäßige Kabelanschlußplatte (Abb. 12), welche die Verbindung des Zuleitungskabels mit den Heizdrähten gut löst; nichts ist verlötet, sondern alles mit Gegenmuttern verschraubt. Die S-förmige Zugentlastung mit Verdrehungsschutz sichert das Kabel wirksam gegen Herausreißen. Der Fachmann weiß, daß diese Stelle gewissermaßen die Achillesferse beim Heizkissen ist. Für Kranke besonders ist noch wesentlich, daß diese Heizkissen auch in eingeschaltetem Zustand gebogen, geknickt und gerollt werden dürfen. Die Temperaturregler sind zwischen die Heizkörper-Stofflagen eingebaut, wobei die Heizkordel in einer Doppelschlaufe um den Regler herumgelegt ist.

Wir lassen nun einige Beispiele aus dem Bau von Schweißmaschinen folgen. Von Paul Knopp KG., Berlin, sind für die besonderen Verhältnisse des Flugzeugbaues je eine Punkt- und eine Nahtschweißmaschine neu entwickelt worden, unempfindliche und leicht zu bedienende Maschinen mit einer trotz des einfachen Aufbaues sorgfältig durchgebildeten Steuerung. Die **Punktschweißmaschine** (Abb. 13) arbeitet mit stromrichtergesteuerten Schweißzeiten von 1 bis 50 Perioden und einstellbarer, durch Maßstab angezeigter Elektrodenkraft. Die Elektrodenausladung ist von 350 bis 500 mm verstellbar. Mit der großen Ausladung schweißt die Maschine bis zu 2×2 mm Reinaluminiumblech. Die **Nahtschweißmaschine** arbeitet mit

Abb. 13. Punktschweißmaschine für Flugzeugbau mit Stromrichterschrank.

stufenlos einstellbaren Schrittlängen von 2 bis 30 mm. Sie ist vorwiegend für das wirtschaftliche Erzeugen von Steppnähten an Leichtmetallteilen mit bis zu 1 mm Blechstärke gebaut. Die gittergesteuerten Stromrichter dieser Maschinen gestatten, Schweißzeiten bis zu 1 Periode herab sicher zu schalten.

Die ELIN AG. für elektrische Industrie in Wien erzeugt schon seit geraumer Zeit einen Schweißautomaten, der es ermöglicht, bereits fertig geformte Schlitzrohre mit Kohlelichtbogen zu verschweißen. Bei dieser Maschine ist es also noch notwendig, den Schweißvorgang und das Einrollen der Rohre auf zwei getrennten Anlagen durchzuführen. Im weiteren Verlauf der Entwicklung gelang es, die beiden getrennten Arbeitsvorgänge zu vereinen und dieser neue kombinierte **Rohrwalz- und Schweißautomat**, der in Leipzig ausgestellt ist, erlaubt es, Rohre eines bestimmten Durchmessers innerhalb der Grenze von 1/2 bis 5 Zoll in einem einzigen Arbeitsgang aus dem Bandeisen zu rollen und zu schweißen. Das zur Rohrerzeugung notwendige, vorher auf einer Haspel aufgerollte Bandeisen wird zuerst über einen entsprechenden Rollensatz geführt und zu einem Schlitzrohr geformt; ein Putzmotor reinigt im gleichen Arbeitsvorgang die Schweißkanten, die anschließend mittels Kohlelichtbogen verschweißt werden. Die natürliche Überhöhung der Schweißraupe wird durch eine zusätzliche Glättungsvorrichtung, die über der Schweißnaht angeordnet ist, abgenommen und geglättet. Nach dem Aufbrauchen des Bandeisenmaterials einer Haspel wird das Bandeisenende mit dem Bandmaterial einer zweiten Haspel von Hand aus ohne Unterbrechung des Schweißvorganges verschweißt. Auf diese Weise können geschweißte Rohre in beliebiger Länge hergestellt werden. Für die Erzeugung vorgeschriebener Rohrlängen ist hinter dem Schweißkopf eine genau einstellbare selbsttätige Abschneidevorrichtung vorgesehen.

Die Kjellberg Elektroden & Maschinen G. m. b. H., Finsterwalde, N.-L., stellt neben ihren bewährten Schweißautomaten, Schweißumformern, -gleichrichtern und -Dieselsätzen eine Reihe von **Elektroden** aus, darunter als Neuentwicklung die Elektrode „Tempo", eine dünnumhüllte Gebrauchselektrode für Baustähle bis 45 kg/mm² Festigkeit und die entsprechenden Schiffsbleche. Die Elektrode fließt verhältnismäßig rasch und ist besonders für dünnere Profile und auch für

[1]) Vgl. ETZ 59 (1938) S. 243

Gußeisen und Temperguß geeignet. Weiterhin sind neue Sonderelektroden entstanden für Chrom-Molybdän-Stähle und für Chrom-Mangan-Stähle. Auch für Auftragsschweißung werden neue Elektroden gezeigt.

Fahrzeuge, Förderanlagen.

DK 621.335.5 + 621.867

Dem Mangel an Arbeitskräften zu begegnen, ist auch der **Elektrokarren** berufen, der je nach Ausnutzung bis zu zehn Transportarbeiter ersetzt, die dann umgeschult und für andere Arbeiten eingesetzt werden können. Welche Elektrokarren für den Einsatz bereitstehen, zeigt z. B. die AEG auf ihrem Freistand. Die reihenmäßig hergestellten Elektrokarren mit fester Plattform, Elektrohubkarren und Elektroschlepper für 1000, 2000 und 3000 kg Tragfähigkeit sind mit Ein- oder Zweimotorenantrieb und Zwei- oder Vierradlenkung ausgerüstet. Neuartig sind zwei Sonderfahrzeuge mit Explosionsschutz[1]) entsprechend VDE 0165/0166 und 0171, die sowohl in explosiblen gas- oder dampfluftgefährdeten als auch in staubluftgefährdeten Betriebs- und Lagerräumen eingesetzt werden können (Abb. 1). Ausgeschlossen sind lediglich Bergwerksbetriebe, in denen Explosionsgefahr durch Schlagwetter oder Kohlenstaub besteht. Es handelt sich um zwei völlig neue Konstruktionen eines Elektrokarrens mit fester Plattform für 2000 kg Tragfähigkeit und eines Elektroschleppers für 4000 kg Anhängelast. Alle elektrischen Teile, an denen betriebsmäßig Funken oder größere Erwärmungen auftreten, sind druckfest gekapselt, und zwar nach Explosionsklasse 2 und Zündgruppe B, wie sie in VDE 0171 festgelegt sind. Die übrigen elektrischen Teile sind staubdicht gekapselt in Bauart „erhöhte Sicherheit" ausgeführt. Die staubdicht gekapselten Batterien erhalten darüber hinaus eine Filteranlage zur guten Entlüftung und gleichzeitig zur Vermeidung von gefährlichen Staubablagerungen innerhalb des Batterieraumes. Ferner sind am mechanischen Teil Vorkehrungen getroffen, daß Funkenbildung und übermäßige Reibungswärme nach Möglichkeit vermieden werden. Um unnötig langes Stehenlassen der Fahrzeuge in gefährdeten Räumen zu vermeiden, wird der Elektrokarren auch mit explosionsgeschützter elektro-hydraulischer Hubvorrichtung geliefert.

Abb. 1. Elektrokarren mit Explosionsschutz.

Neben den bekannten pneumatischen und mechanischen Fördereinrichtungen für Verwaltungsbetriebe und Geschäftshäuser stellt die Deutsche Telephonwerke und Kabelindustrie AG., Berlin, auf dem Gebiet der Rohrposttechnik auch vollautomatisch arbeitende **Weichenrohrpost-Anlagen** aus. Die Rohrpostbüchsen dieses Systems haben bekanntlich zwei einstellbare Zahlenringe, welche die Weiche über sog. „Abtaststellen" steuern. 64 verschiedene Kombinationen der Einstellungen, d. h. also 64 Stationen, sind möglich. Es können jederzeit Büchsen abgesandt werden, da die Abtaststelle den Betrieb vollkommen selbsttätig regelt. Nach dem gleichen Prinzip werden von der DeTeWe nicht nur Rohrpostanlagen mit kreisrundem Querschnitt für rollbare Schriftstücke gebaut, sondern auch Oval-Rohrpostanlagen, die für den Transport von Schnellheftern, gebündelten Akten und ähnlichen gestapelten Schriftstücken verwendet werden. Entsprechende **Weichenanlagen** und eine **Rohrpost-Kleinanlage** führt auch die Fa. E. Zwietusch & Co., Berlin, vor; bei den Einrichtungen ist der Grundsatz, Raum zu sparen, mitbestimmend gewesen. Die Firma zeigt auch wieder ihre Hochkant-Förderbandanlage[2]).

[1]) Vgl. ETZ 59 (1938) H. 42.

[2]) Vgl. ETZ 58 (1937) S. 230.

Spannungsregler.

DK 621.316.722.1

Aus der Notwendigkeit heraus, in langen Ortsnetz-Ausläufern die Spannung bei stark wechselnder Last konstant zu halten, entwickelte die Apparat G. m. b. H., Eßlingen a. N., den in Abb. 1 gezeigten **Ortsnetz-Spannungsregler.** Um ein Gerät zu haben, das schnell und möglichst einfach an schwachen Netzpunkten eingesetzt werden kann, wurde die Ausführung so gehalten, daß der Regler bequem an jedem Mast befestigt werden kann. Der innere Aufbau entspricht dem Drehtransformator; der Regler arbeitet also wirklich stufenlos und hat keine Kontakte im Zuge der Netzleitung. Er besitzt in seiner Neukonstruktion hohe Kurzschlußfestigkeit und verursacht durch Kleinhaltung des Leerlaufstroms eine nur unbeachtliche Änderung des Leistungsfaktors. Das Überwachungsorgan arbeitet mit Verzögerung, damit nicht jede kurze Spannungsänderung erfaßt und Pendeln zuverlässig vermieden wird. Als Steuerorgan ist ein Einphasen-Repulsions-Getriebemotor gewählt worden. Auf diese Weise wurde die Steuerung vom Drehsinn der Phasen unabhängig und damit betriebssicher. Um in Vierleiternetzen den ungleichen Phasenbelastungen und den damit verbundenen ungleichen Phasenspannungen zu begegnen, wird ein kleiner Zickzack-Transformator als Nullpunktsdrossel mit in den Ölkessel des Spannungsreglers eingebaut. Die Drossel verteilt den restlichen Nulleiterstrom gleichmäßig auf die drei Phasen und hält den Nullpunkt symmetrisch zum eingeregelten Spannungssystem.

Abb. 1. Ortsnetz-Spannungsregler.

NACHRICHTEN VON DER LEIPZIGER FRÜHJAHRSMESSE 1939.

Dauer der Messe.

Die Leipziger Frühjahrsmesse dieses Jahres beginnt am Sonntag, dem 5. März und endet am Montag, dem 13. März. Die Mustermesse schließt am Freitag, dem 10. März.

Sonderveranstaltungen.

12. 3. (So), 11⁰⁰, Alberthalle-Kristallpalast (Wintergartenstraße): Messekundgebung der Deutschen Technik, veranstaltet von der NSDAP., Reichsleitung — Hauptamt für Technik. Hauptvortrag: „Die Hermann-Göring-Werke". Staatsrat Meinberg.

7. 3. (Di), 10³⁰ bis 13⁰⁰, Vortragssaal des Hauses der Elektrotechnik: Messe-Kurztagung des VDE. „Zeitgemäße Installation".

Vortragsfolge auf der nächsten Seite dieses Heftes.

7. 3. (Di), ab 19⁰⁰, „Tunnel", Leipzig C 1, Roßstr. 8: Messetreffen für die VDE-Ausschußmitglieder.

8. 3. (Mi), 10⁰⁰, Haus der Elektrotechnik: 3 Kurzberichte über Gegenwartsaufgaben der Lichttechnik, veranstaltet von der deutschen Lichttechnischen Ges., Bezirksgruppe Leipzig-Nord-Westsachsen.

9. 3. (Do), Haus der Elektrotechnik: Kolonialtechnische Tagung. Mit Vorträgen über wirtschaftliche und technische Kolonialfragen.

10. u. 11. 3. (Fr u. Sa), 9¹⁵, Vortragssaal des Hauses der Elektrotechnik (Halle 10): 15. Betriebstechnische Tagung, mit Aussprache, veranstaltet von der Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure des VDI und vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung mit Unterstützung des Leipziger Meßamtes.

10. 3.
1. „Die Lenkung des Metalleinsatzes und ihre Auswirkung auf die Fertigung". Dipl.-Ing. H. Hertrich.
2. Planvolle Metallwirtschaft im Betriebe unter besonderer Berücksichtigung der neuesten Arbeitsergebnisse des AWF. Oberreichsbahnrat Haas.
3. Was erbrachte die Zerspannungsforschung der letzten Jahre für den Werkstattbetrieb? Prof. Dr.-Ing. habil. H. Schallroch.
4. Werkzeuge für die spanlose Formung von Leichtmetallen. Obering. E. Ritter.
5. Verwendung und Bearbeitung von Zinklegierungen. Dr.-Ing. Wolf.

11. 3.
1. Konstruktion und Lebensdauer von Werkzeugmaschinen. Prof. Dr.-Ing. H. Kieckebusch.
2. Laufende Pflege der Werkzeugmaschinen als Voraussetzung für die Leistungserhaltung. Chefing. E. Thießen.
3. Neue Normen für die Abnahme von Werkzeugmaschinen. Dir. K. Hegner.

Karten zu 3 RM für einen Tag, zu 5 RM für beide Tage, sind im Ingenieurhaus, Berlin NW 7, bei der Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure, erhältlich.

13. 3. (Mo), Zoologischer Garten: Wissenschaftliche Gießereitagung, veranstaltet vom Verein Deutscher Gießereifachleute, Gruppe Sachsen.

Auskunftsstellen.

1. VDE.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker hat, wie in früheren Jahren, im Hause der Elektrotechnik, Obergeschoß, Stand 88, eine besondere Auskunftsstelle.

Sie ist während der ganzen Dauer der Messe geöffnet und gibt Auskünfte nicht nur über die VDE-Vorschriften, die die Sicherheit elektrischer Anlagen und Geräte bezwecken, sondern auch über die DIN VDE-Normen, die der Normung elektrotechnischer Erzeugnisse dienen, und andere mit der Elektrotechnik zusammenhängende Fragen.

2. ETZ-Verlag GmbH.

Der Stand der ETZ-Verlag GmbH. befindet sich im Vestibül des Hauses der Elektrotechnik. Er zeigt die nach dem Stande vom 1. Januar 1939 herausgegebene neue 22. Auflage des „VDE-Vorschriftenbuches", die Sonderdrucke von VDE-Bestimmungen und deren fremdsprachigen Ausgaben. Auch das übrige Schrifttum des VDE wird dort ausgelegt sein: die „VDE-Fachberichte", die „Elektrotechnische Zeitschrift" ETZ, das „Archiv für Elektrotechnik" sowie die jetzt ebenfalls vom VDE herausgegebene Zeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau" (E und M).

Besonderes Interesse dürften die zwei in Gemeinschaft mit dem „Haus der Elektrotechnik" herausgegebenen Messe-Sonderhefte (Heft 9 und 10) der ETZ erregen, die auch über die Messetage hinaus dem Elektrotechniker wertvolles Material bieten.

Der „Führer durch das Haus der Elektrotechnik" wird am Stand der ETZ-Verlag GmbH. abgegeben.

3. Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.

Die Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie hat auch in diesem Jahr wieder im Hause der Elektrotechnik, Halle 10, eine Auskunftsstelle im Stand 363.

Es werden, wie in den vorhergegangenen Jahren, wiederum Auskünfte über alle die Ausstellungsbesucher im Zusammenhang mit der Messe interessierenden Fragen erteilt, soweit die Wirtschaftsgruppe hierfür zuständig und in der Lage ist. Insbesondere werden in diesem Jahr auch alle Auskünfte erteilt werden, die mit Exportfragen mittelbar oder unmittelbar zusammenhängen.

4. Deutscher Normenausschuß.

Der Deutsche Normenausschuß, die zusammenfassende Stelle für alle Normungsarbeiten in Deutschland, ist auch auf der diesjährigen Frühjahrsmesse in Leipzig vertreten. Wie in den vergangenen Jahren ist mit dem Verein Deutscher Ingenieure eine gemeinsame Auskunftstelle in Halle 9, Obergeschoß Stand 601/602 eingerichtet worden. Das deutsche Normenwerk, das zur Zeit über 6400 Normblätter umfaßt, liegt zur Einsichtnahme aus, desgleichen das wichtigste Schrifttum über Normung.

Neben dieser allgemeinen Auskunftsstelle werden Auskünfte über die Normen der Elektro-Industrie auf Stand 88 und Stand 363 im Haus der Elektrotechnik (Halle 10) erteilt.

Die Hinweisschilder im Normformat A 4 mit dem Aufdruck „Wir verwenden deutsche Normen" bzw. „Wir liefern nach deutschen Normen", die von den Ausstellern in den letzten Jahren in steigendem Maße benutzt worden sind, sind auch diesmal wieder kostenlos zur Verfügung gestellt worden.

Der Messeausschuß des VDE.

Die Gesamtheit der während der Leipziger Messe im Hause der Elektrotechnik ausgestellten Erzeugnisse der deutschen Elektroindustrie bietet alljährlich Gelegenheit zu einer Übersicht, in welchem Maße die Sicherheitsvorschriften des VDE in die Praxis der Hersteller Eingang gefunden haben. Der Messeausschuß des VDE wird auch in disem Jahr tätig sein, um auf etwaige Verstöße gegen die VDE-Vorschriften aufmerksam zu machen, und die Aussteller beanstandeter Ausführungen hinsichtlich der Erfüllung der VDE-Vorschriften zu beraten. Industrie, Elektrizitätsversorgung und die Gesamtheit der Stromverbraucher dürften hieraus um so größeren Nutzen ziehen, als in der zweiten Durchführungsverordnung zum Energiewirtschaftsgesetz die VDE-Bestimmungen als anerkannte Regeln der Elektrotechnik festgelegt wurden, nach denen elektrische Energieanlagen und Energieverbrauchsgeräte eingerichtet und unterhalten werden müssen.

Messe-Kurztagung des VDE am 7. März 1939 in Leipzig.

Anläßlich der diesjährigen Leipziger Frühjahrsmesse veranstaltet der VDE wieder wie im Vorjahre eine Messe-Kurztagung im Vortragssaal des Hauses der Elektrotechnik auf dem Gelände der Technischen Messe in Leipzig. Die Tagung findet am Dienstag, dem 7. März 1939 statt, beginnt um 10^{30} und wird gegen 18^{00} beendet sein. Sie steht unter dem Gesichtspunkt:

Zeitgemäße Installation.

Vortragsfolge:

I. VDE-Vorschriften als Grundlage für sachgemäße Installation
Reichsinnungsmeister Gamer VDE

II. Neuartige Werkstoffe in der Installationstechnik.
Kunststoffe — Dipl.-Ing. Burmeister VDE
Leichtmetalle — Dipl.-Ing. Wiesthaler VDE

III. Sonderfragen neuzeitlicher Installation.
Rundfunkantennen — Dr.-Ing. Dennhard VDE
Blitzableiter — Reichsfachgruppenleiter Fluthwedel VDE
Ausstellungshallen — Dipl.-Ing. Lüdeling VDE
Luftschutz — Dr.-Ing. Setzepfand VDE
Siedlung — Dipl.-Ing. Mann VDE.

41. Mitgliederversammlung des VDE in Wien vom 1. bis 3. Juni 1939.

Mittwoch, den 31. Mai.
20^{00} Vortragsabend, Konzerthaus.

Donnerstag, den I. Juni.
8^{30} Fachberichte, Konzerthaus
A I Kraftwerke
B I Elektromaschinenbau
C I Installation
D I Fernmeldetechnik I
E I Lichttechnik
10^{00} Vorstandssitzung, Rathaus
11^{30} Vorstandsratssitzung, Rathaus
15^{00} Fachberichte, Konzerthaus
A II Bau und Betrieb von Netzen
B II Bahnen
C II Luftfahrt
D II Fernmeldetechnik II
E II Meßtechnik
20^{00} Begrüßungsabend, Hofburg.

Freitag, den 2. Juni.
8^{30} Fachberichte, Konzerthaus
A III Schaltanlagen und Schaltgeräte
B III Industrielle Anwendungen
C III Elektrowärme
D III Hochfrequenztechnik
15^{00} Mitgliederversammlung (Geschäftssitzung) Konzerthaus
1. Begrüßung
2. Geschäftliches
3. Hauptvortrag von Prof. Dr.-Ing. Ramsauer VDE
20^{00} Empfang im Rathaus.

Sonnabend, den 3. Juni.
Besichtigungen
Ausflüge.

Veranstaltungen für Damen.

Donnerstag, den 1. Juni, vormittags:
Stadtrundfahrt (Gesellschaftskraftwagen) und anschließend Rundgang zur Besichtigung des alten und neuen Wien.
Nachmittags:
Ausflug (Gesellschaftskraftwagen) auf den Kahlenberg und auf den Leopoldsberg.

Freitag, den 2. Juni, vormittags:
Besichtigung von Sammlungen, Museen und Galerien (Nationalbibliothek, Kunsthistorisches Museum, Naturhistorisches Museum, Barockmuseum, Galerie des 19. Jahrhunderts, Moderne Galerie, Liechtenstein-Galerie, Albertina, Römisches Museum, Historisches Museum der Stadt Wien, Volkskundemuseum, Schubertmuseum, Uhrenmuseum).
Nachmittags:
Modenschau im Haus der Mode (Lobkowitzpalais).

Samstag, den 3. Juni, vormittags:
Besichtigung der Porzellanmanufaktur Augarten
oder
Schönbrunn, Schloß und Park (Gesellschaftskraftwagen).

Verband Deutscher Elektrotechniker E.V
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Obering. K. Bauerschmidt VDE, Berlin-Karlshorst, Rhemser Weg 17.
Dipl.-Ing. A. H. Dohns, Berlin-Siemensstadt, Rieppelstraße 19.
Dipl.-Ing. R. Foltzik VDE, Berlin-Siemensstadt, Schwiegersteig 18.
Obering. H. Franken VDE, Köln-Marienburg, Auf dem Römerberg 8c.
G. Hensel, Radevormwald/Rhld., Kaiserstr. 77.
Obering. Dipl.-Ing. W. Kaufmann VDE, Berlin-Siemensstadt, Im Heidewinkel 10b.
Obering. Dipl.-Ing. C. Meinhardt, Mannheim, Waldparkstr. 34.
Direktor Dr.-Ing. M. Schleicher VDE, Berlin-Charlottenburg 9, Insterburgallee 28.
W. H. Seelig, Berlin-Charlottenburg, Goethepark 18.
Obering. Dr.-Ing. A. Siemens, Berlin-Charlottenburg 9, Rüsternallee 13.
Dr.-Ing. G. Simon, Berlin-Steglitz, Mariendorfer Straße 54.
Dr.-Ing. W. Thal, Berlin-Siemensstadt, Schuckertplatz 6.
Stud.- und Baurat Dr.-Ing. A. Wasmus, Hamburg-Niendorf, Am Gehege 9.
Dipl.-Ing. J. Wolf, Dortmund, Helmut-Barm-Straße 9.

Abschluß des Heftes: 23. Februar 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang Berlin, 9. März 1939 Heft 10

Elektrische Öfen für die Glas- und keramische Industrie.

Von Wilhelm Weber, Dortmund.

DK 621.365.41 : 666.1/.2 + 666.3/.7

Die Aufgaben, die der Glas- und keramischen Industrie durch Verbesserungen der Arbeitsbedingungen, Erhöhung der Güteansprüche und Eroberung vollständig neuer Anwendungsgebiete sowohl für den In- als auch Auslandsmarkt erwachsen, lassen auch eine Erneuerung der Werkseinrichtungen dringend nötig erscheinen. Der Lebensnerv aller derartigen Betriebe ist der Ofen. Während die Technik auf allen Gebieten Fortschritte machte, ist die Entwicklung der brennstoffbeheizten Öfen in der Glas- und keramischen Industrie so gut wie stehengeblieben. Erst durch die Elektrowärmeentwicklung hat der Ofenbau wieder einen neuen Antrieb erhalten, weil Strompreise und erhöhte Wirtschaftlichkeit dazu zwangen, die Brennfolgen und auch die Art der Füllung des Brenngutes auf vollständig neue Grundlagen zu stellen. Durchweg wird eine Abkürzung sämtlicher Temperaturzeitfolgen angestrebt. Ofenbauart, Abmessungen, Brennräume und Fördereinrichtungen müssen so gestaltet werden, daß eine dichte Stapelung des Brenngutes erhalten wird, wobei tote Räume möglichst vermieden werden. Trotzdem sollen eine weitgehende Unterteilung des Brenngutes und eine gute Wärmedurchlässigkeit gewahrt bleiben. Mit dieser äußersten Ausnutzung der Ofenanlage wird von selbst eine immer stärker werdende Annäherung an die für jeden Vorgang und jedes Erzeugnis günstigsten Verhältnisse erreicht. Da sich diese Verhältnisse gerade im elektrischen Ofen genau einstellen und festlegen lassen, ist dieser günstigste Brennvorgang auch jederzeit genau wiederholbar, was als der größte Vorteil des Elektrobrandes angesehen werden kann; denn dadurch verschwindet jeder Brennausschuß.

Zwei Ofenarten sind im Wettbewerb miteinander, der Durchlaufofen für ununterbrochenen Betrieb und der Kammerofen für getrennte Brennfolgen. Je nach Durchsatz, Sortierung und Abmessungen des Brenngutes wird man den einen oder anderen wählen. Die nachstehend gebrachten Beispiele betreffen Ausführungen der Firma Brown, Boveri & Cie., Mannheim.

Für Glasmalereibetriebe mit kleiner Erzeugung sind Kammeröfen von ¼ bis 1 m³ Brennraum sehr geschätzt, da sich durch die Elektrobrennarbeit wesentliche Vorteile für den Betrieb ergeben. Die genaue Regelung der Brenntemperatur, der vollständig reine Brennvorgang und die Aufstellungsmöglichkeit der Öfen in der Malerei selbst werden von allen Betrieben anerkannt. Für Massenbearbeitung, wie Dekorbrand von Biergläsern, Preßglasgeschirren und Maßgefäßen, sind Großkammeröfen von etwa 3½ m³ Brennraum erforderlich. Ein solcher Ofen wird in etwa 4 Stunden aufgeheizt, das Auskühlen dauert etwa 7 Stunden. Die Glasgegenstände werden auf Hordenbleche gestellt und diese auf seitlichen Tragschienen des Ofens in den Brennraum eingeschoben.

Abb. 1. Förderbandofen zum Abkühlen von Glaswaren, 29 000 · 2600 · 300 mm, 630° C, 100 kW.

In Glashüttenwerken verwendet man für fortlaufende Erzeugung Durchlauföfen, wie sie z. B. zum Einbrand von Etiketten auf Flaschen, bemaltem Beleuchtungsglas und kleinen Massenartikeln gebraucht werden. Da das Glas durch eine Fördereinrichtung im Einbrennkanal mit einem Förderband oder einer Schrittmacherschleppkette bewegt wird, ist das Aufheizen des Ofens selbst nur bei der Inbetriebnahme der Anlage erforderlich, und lediglich die auf ein Mindestmaß herabgesetzten Wärmeverluste müssen außer der Erwärmung des durchlaufenden Gutes ausgeglichen werden. Die Durchlauföfen arbeiten deshalb bei fortlaufender Erzeugung noch sparsamer im Verbrauch als z. B. ein Kammerofen, bei dem außer dem Beschickungsgut der ganze Ofen immer wieder bei einer neuen Beschickung mit aufgeheizt werden muß. Durchlauföfen für Glaskühlung mit Elektrobeheizung (Abb. 1) haben gegenüber den gasbeheizten Öfen den Vorteil vollkommener Betriebssicherheit (keine Explosionsgefahr), feinster Ausregelung des Kühlverlaufes und einer vollständig reinen Wärmebehandlung (ohne Kühlbeschlag). Zur Glasveredlung, wie z. B. bei der Erzeugung von Sicherheitsglas, werden ebenfalls mit Vorteil elektrisch beheizte Öfen verwendet, die eine rasche und gleichmäßige Anwärmung der Gläser gewährleisten.

Abb. 2. Kammerofen für keramische Zwecke (Dekorbrand auf Porzellan, Glasurbrand und Glühbrand von Steingut- und Töpferwaren). Glühraumabmessungen: 900 mm tief, 600 mm breit, 900 mm hoch. Höchsttemperatur 1150°, Anschlußwert 24 kW.

In keramischen Betrieben findet der elektrisch beheizte Kammerofen (Abb. 2) immer größere Verbreitung wegen seiner vielen Vorteile, die er für kleine Betriebe bietet. Durch Jahre weiter entwickelt, stellt er heute ein vollkommen betriebssicheres und wirtschaftliches Brenngerät auch für weniger wertvolle Erzeugnisse dar. Durch eine selbsttätige Schaltanlage, mit Sicherheitseinrichtung und Schaltuhr wird der Brennbetrieb der Ofenanlage ohne Überwachung durch einen Bedienungsmann in der Niedertarifzeit während der Nacht durchgeführt. Für Erzeugung, die die Aufstellung eines Durchgangsofens nicht zuläßt, aber mit Kammeröfen schwer zu erreichen ist, wird mit Vorteil der Herdwagenofen angewendet. Der Herd dieses Ofens ist als Wagen ausgebildet und kann mit dem aufgebauten Einsatz nach einer kurzen Kühlzeit im Ofen ausgefahren werden, um die Nachkühlung außerhalb der Ofenkammer mit einer entsprechenden Hilfseinrichtung durchzuführen. So kann frischer Einsatz dann sofort in dem noch warmen Ofen aufgeheizt werden. Durch diese Betriebsweise erreicht man eine weitgehende Ausnutzung der Ofenanlage bei kleinem Energieverbrauch (niedrige Heizleistung, hohe Benutzungsstundenzahl). Kleine Durchgangsöfen (Abb. 3) für Dekorbrand von keramischen Erzeugnissen haben durch Anwendung der Wärmerückgewinnung einen Stromverbrauch von 0,25 kWh für 1 kg Nettogut erreicht und verdienen als wirtschaftliche Ofenanlage die Beachtung der Fachleute in hohem Maße. Diese Ofenanlagen arbeiten mit einem Wärmeaufwand, der teilweise unter dem theoretischen Wärmebedarf des Einsatzgutes liegt (Wärmerückgewinnung). Außerdem rechnet man mit einer wesentlichen Minderung des Ausschusses beim Elektroofenbetrieb. Auch für Anlagen mit größten Abmessungen[1]) hat sich der Elektroofen bestens bewährt. Bei kürzesten Brennzeiten und einer Wärmeüberleitung im Doppeltunnelofen wird der Schrüh- und Garbrand des Gutes auf sparsamste Weise durchgeführt. Durch hohe Benutzungsstundendauer sind günstige Grundlagen für den Strombezugstarif gegeben. Die Ersatz- und Instandsetzungskosten dieser Ofenanlagen liegen wesentlich unter dem Aufwand für brennstoffbeheizte Öfen. Die Einsparungen an Kapselmaterial bei den Öfen für Porzellanbrand, das beim Elektroofen nur zum Aufbau des Gutes dient, beeinflussen die Wirtschaftlichkeit der Tunnelöfen sehr günstig.

Abb. 3. Tunnelofen für das Einbrennen von Dekorfarben auf Porzellan bei 850° bis 950°; Durchsatz 2500 kg Porzellan in 24 h, Heizleistung 65 kW.

[1]) Vgl. a. H. E. Meuche, ETZ 59 (1938) S. 1317.

Mit vollem Recht empfiehlt sich der Elektroofen in allen Betrieben, die unter den bekannten unangenehmen Begleiterscheinungen des Brennbetriebes mit feuerbeheizten Öfen leiden, und es ist zu hoffen, daß immer mehr Betriebsführer sich zur Aufstellung einer neuzeitlichen Elektroofenanlage entschließen werden, da damit neben der Wirtschaftlichkeit auch noch die besten Arbeitsbedingungen für seine Gefolgschaftsleute zu erreichen sind.

Der Elektrizitätszählerbau und die Tarifordnung vom 25. 7. 1938.

Von W. Kesseldorfer VDE, Berlin.

DK 621.317.785

Als Mitte vorigen Jahres die Tarifordnung für das ganze Reich herauskam, erweckte sie bei den Zählerkonstrukteuren geteilte Gefühle. Sie sahen wohl ein, wie notwendig und nützlich die neue Ordnung ist, und freuten sich darüber daß sie Schluß machte mit einer Unzahl von Sonderkonstruktionen, die viel Arbeit und Mühe verursachten und oft nur für ein einziges Elektrizitätsversorgungsunternehmen bestimmt waren. Sie glaubten aber, daß damit auch eine Reihe von Tarifzählern und Sondergeräten hinfällig wurden, die ihre Daseinsberechtigung seit Jahren erwiesen hatten und eine gute Absatzmöglichkeit darstellten.

Zuerst mußten also die Fertigungspläne überholt werden. Werke für Münzzähler mit und ohne Gebühreneinzugsvorrichtung z. B. wurden nicht neu aufgelegt. Man wußte ja nicht, ob diese Geräte überhaupt noch benötigt werden. Auch hinter einer Reihe anderer Geräte stand ein großes Fragezeichen. Aber einige Linien liefen ganz klar, und dort mußte man rasch anpacken und merkte sofort, daß die Tarifordnung keine geringen Anforderungen an die Zählerentwicklung stellte. Ich will hier nur auf die zwei Punkte etwas näher eingehen, die sich mir als die klarsten darstellen; über die anderen Punkte sind die Meinungen noch geteilt. Die Versorgungsunternehmen sind ja auch noch eifrig damit beschäftigt, ihre Tarifvorschriften auszuarbeiten. Restlose Klarheit und ein guter Überblick über die ganze Linie der zukünftigen Entwicklung der Zählertechnik kann aber erst in Monaten gewonnen werden, wenn die fertigen Tarifpläne der Werke wirklich vorliegen.

Ich greife also zunächst nur den § 9 der Tarifordnung heraus. Er lautet: „Jedem Abnehmer sind ohne Einschränkung des Verwendungszweckes zwei Tarife mit verschiedenen Grundpreisen und den in Absatz 2 festgelegten Arbeitspreisen zur Wahl anzubieten.“ Behält man die Grundzüge der Tarifordnung, nämlich höchste Einfachheit und Vereinheitlichung sowie größte Wirtschaftlichkeit im Auge, so kommt man zwingend zu folgendem Schluß: Dort, wo bisher zwei oder mehrere Zähler nötig waren, braucht man in Zukunft nur mehr einen Zähler. Dieser muß so billig wie möglich sein und trotzdem einwandfrei die Aufgaben der bisher nötigen Vielzahl von Zählern erfüllen können.

Aus diesen Erwägungen heraus ist der neue Drehstrom-Vierleiterzähler, Form EM 6, der Heliowatt-Werke Elektrizitäts-AG. (Systemzeichen 200) entstanden. Seine wesentlichsten Merkmale sind: Kleine Aufhängemaße, hohes Drehmoment und hohe Meßgenauigkeit, dauernde thermische und meßtechnische Belastbarkeit bis 200 % der Nennlast, einfachste Handhabung und leichte Einstellbarkeit. Die kleinen Aufhängemaße sind erforderlich, weil damit gerechnet werden muß, daß durch die Verbilligung der elektrischen Energie nach dem neuen Tarif der Verbrauch auch in kleinen und mittleren Haushaltungen stark ansteigen wird. Dann muß aber die Möglichkeit bestehen, den vorhandenen kleinen Einphasenzähler durch einen stärkeren Dreiphasenzähler zu ersetzen, ohne daß man gleichzeitig gezwungen wäre, auch die bereits vorhandene Zählertafel auszuwechseln.

Das hohe Drehmoment von mindestens 10 bis 11 cmg ist erforderlich, um dem Zähler dauernd eine hohe Meßgenauigkeit zu sichern. Der neue Zähler muß doch genau so wie der frühere Kleinzähler auch noch den Verbrauch der kleinsten handelsüblichen Glühlampe von 10 W anzeigen. Die weitaus größte Anzahl der Verteilungsnetze in Deutschland sind Vierleiternetze 220/380 V. Legen wir einen 5 A-Zähler zugrunde, so muß derselbe mindestens bei 0,3 % seiner Nennlast (das ist etwa 10 W) anlaufen. Das kann er aber auf die Dauer nur dann, wenn sein Drehmoment ausreichend groß ist. Anderseits soll der Zähler aber auch verhältnismäßig sehr große Belastungen, wie sie durch Kochherde und Haushaltungsmotoren gegeben sind, nicht bloß dauernd aushalten, sondern auch meßtechnisch richtig erfassen. Zeigt der neue Zähler für 5 A nun bis 200 % seiner Nennlast, das ist rd. 7000 W, keine größeren Meßfehler als 1 bis 1,5 %, so erfüllt er einwandfrei diese Forderung.

Abb. 1. Neuer Drehstrom-Vierleiter-Haushaltzähler Form EM 6 (offen).

Inwieweit der Zähler den berechtigten Forderungen nach einfacher Handhabung und leichter Einstellung gerecht wird, läßt sich am besten an Hand der Abbildungen verfolgen. Bei dieser Betrachtung kann auch auf die konstruktiven Maßnahmen etwas näher eingegangen werden, welche es ermöglichten, die eben angeführten, teilweise einander widersprechenden Forderungen zu erfüllen. Der Rahmenbau des Traggestells (s. Abb. 1) ist für einen Zähler mit drei messenden Systemen nichts Ungewöhnliches. Es ist ja bekannt, daß durch diese Bauart mit verhältnismäßig geringem Werkstoffaufwand eine große mechanische Festigkeit zu erzielen ist. Und doch besitzt dieser Rahmen eine Besonderheit, die für die meßtechnischen Eigenschaften des Zählers von großer Bedeutung ist. Es sind nämlich alle seine Teile fast ausschließlich flache Stanzteile, in welche die Befestigungs- und Lagerlöcher mit größter Genauigkeit mit eingestanzt sind. Da diese Teile also durch Biegung und Kröpfung nicht beansprucht und verzogen werden können, so ist der genaue symmetrische Sitz der einzelnen Systeme nach dem Vernieten des Rahmens (Zapfenvernietung) gesichert. Das ist aber die erste Vorbedingung dafür, daß die unvermeidlichen Streufelder der drei Triebsysteme sich nicht gegenseitig schädlich beeinflussen und eine unerwünschte Drehfeldabhängigkeit hervorbringen können. Weiterhin ist dazu allerdings noch nötig, daß der gegenseitige Abstand der Triebsysteme von vornherein so groß wie möglich gewählt wird. Das bedingt natürlich die Anwendung von verhältnismäßig großen Triebscheiben, durch welche aber anderseits die Erzielung einer niedrigen Drehzahl mit zwei normalen Bremsmagneten ermöglicht wird.

Wegen des geringen Gewichtes wurde mit Vorbedacht ein Zweischeibenanker gewählt. Bei richtiger symmetrischer Anordnung der Triebsysteme, die um 90 bzw.

180° gegeneinander versetzt sind, ist ihre gegenseitige Beeinflussung leicht zu vermeiden. Eine besondere Vereinfachung für die Montage ebenso wie für die Einstellung und Reparatur des Zählers ist dadurch gegeben, daß die einzelnen Triebsysteme als Triebeiseneinheiten ausgebildet sind (s. Abb. 2), die vor dem Einbau in den Zähler nach Lehren zusammengebaut und abgeglichen werden können. Die Triebeiseneinheit besteht aus dem dreizinkigen Spannungseisen und dem zweizinkigen Stromeisen, die miteinander durch einen starken Eisenbügel verbunden sind. Jede Triebeiseneinheit trägt alle individuellen Regel- und Abgleichteile, wie Kleinlastregelung, Regelung der Phaseneinstellung, Temperaturkompensation usw.

Man könnte gegen die Anordnung des oberen Triebsystems zwischen der Grundplatte und dem Systemanker einwenden, daß es schlecht zugänglich ist. Dieser Einwand wird aber dadurch hinfällig, daß alle Regelteile auch dieses Triebsystems sehr leicht von vorn zugänglich sind, und daß bei Reparaturen auch das ganze Triebsystem sofort leicht zugänglich ist, sobald man die beiden Schrauben löst, mit welchen der Tragrahmen des Zählers zentral auf der Grundplatte befestigt ist. Die bequeme Anordnung der Regelteile ist bei einem Zähler heute wohl zur Selbstverständlichkeit geworden. Beim Vierleiterzähler ist aber wesentlich, daß schon durch den Aufbau und durch die sorgfältige Fertigung die gegenseitige Beeinflussung der Triebsysteme auf ein Mindestmaß heruntergedrückt ist und der verbleibende Rest durch ein sehr einfaches Regelglied rasch beseitigt werden kann. Im vorliegenden Fall dient diesem Zweck ein drehbarer Eisenflügel. Zum Schluß sei noch bemerkt, daß der Zähler auch mit Isolierstoffgehäuse gebaut wird.

a Spannungseisen
b Stromeisen
c Verbindungsbügel
d Leerlaufhaltezunge
e Kleinlasteinstellung
f Einstellung der Phasenverschiebung
g Drehmoment-Ausgleichlasche

Abb. 2. Triebeiseneinheit des EM 6-Zählers.

Der andere Paragraph der Tarifordnung, der der Zählerentwicklung einen ganz eindeutigen Hinweis gibt, in welcher Richtung sie gehen soll, ist der § 11: „Die Elektrizitäts-Versorgungsunternehmen haben innerhalb von ihnen zu bestimmender Tageszeiten jedem Abnehmer elektrische Arbeit zu einem Arbeitspreis von höchstens 4 Rpf je kWh anzubieten. Sie sind hierbei berechtigt, den Verwendungszweck für die abzunehmende elektrische Arbeit einzuschränken und zu dem Grundpreis einen angemessenen Zuschlag zu erheben, an dessen Stelle auch eine Mindestabnahmeverpflichtung treten kann." Es handelt sich hier bekanntlich um das Bestreben, die Täler der Belastungskurven auszufüllen, insbesondere durch die Förderung des Verbrauchs während der Nachtzeiten in Heißwasserspeichern, Futterkochern usw. Der für diesen Verwendungszweck am besten geeignete Zähler ist der sog. Sperrschalttarifzähler, bei welchem ein kWh-Einfach- oder -Doppeltarifzähler und eine Schaltuhr in ein gemeinsames Gehäuse eingebaut sind.

Der Zähler ist natürlich erforderlich, um die verbrauchte elektrische Arbeit einwandfrei zu messen. Die Schaltuhr aber hat die Aufgabe, den Stromverbrauch zu bestimmten Zeiten zu sperren, in der Freizeit, also meist während der Nacht, die Stromentnahme jedoch freizugeben. Es soll aber auch nicht der Zwang bestehen, daß die Verbrauchsgeräte während der ganzen Freizeit eingeschaltet sein müssen. Also muß die Schaltuhr auch noch dem Abnehmer die Möglichkeit bieten, die selbsttätige Einschaltung und Ausschaltung seines Gerätes selbst einzustellen.

Wenn der Zähler ein Doppeltarifzähler ist, so ist es selbstverständlich, daß die Schaltuhr auch die Umschaltung des Zählwerks auf hohen und niedrigen Tarif steuert. Kann das E-Werk die Benutzung des Nachtstromverbrauchs auch während der Sperrzeiten, jedoch selbstverständlich zum erhöhten Tagespreis, zulassen, so müssen die Zähler mit einem Überbrückungsschalter ausgerüstet sein, welcher die Stromentnahme während der Sperrzeiten zum erhöhten Preis gestattet. Die beiden Grundformen des Sperrschalttarifzählers sind der Doppeltarif-Hauptzähler und der Einfachtarif-Vergütungszähler. Der Sperrschalttarifzähler als Doppeltarif-Hauptzähler dient dazu, nicht bloß die gesamte in der Installation verbrauchte elektrische Arbeit nach dem Doppeltarif zu messen, sondern auch die Ein- und Ausschaltung des Nachtstromverbrauchers zu steuern. Natürlich ist in diesem Fall nicht zu verhindern, daß der billige Nachtstrom auch noch für andere Zwecke (z. B. für Beleuchtung) verwendet wird. Dagegen haben aber wohl die meisten Werke kaum etwas einzuwenden. Muß das Werk jedoch darauf bestehen, daß der verbilligte Nachtstrom zu höchstens 4 Rpf je kWh nur für die Speisung des Heißwasserspeichers, Futterkochers usw. gebraucht wird, so verwendet es einen Sperrschalttarifzähler in der Schaltung als Vergütungszähler, auf den nur das betreffende Gerät geschaltet ist. In beiden Fällen aber wird das Werk wohl von seinem Recht Gebrauch machen müssen, den Grundpreis etwas höher anzusetzen, da der Preis eines Sperrschalttarifzählers mit seiner eingebauten Schaltuhr naturgemäß höher ist als der eines gewöhnlichen Zählers. Die Ausführung eines derartigen Tarifzählers zeigt Abb. 3, das Schaltungsbild eines Hauptzählers ist in Abb. 4 wiedergegeben. Es ist eigentlich überflüssig, noch zu erwähnen, daß diese Zähler auch mit Sonntagsschaltung ausgeführt werden, und daß die Uhr nach Belieben als Synchronuhr, Pendel- oder Unruheganguhr ausgeführt werden kann.

Abb. 3. Wechselstrom-Sperrschalt-Einfachtarifzähler.

Abb. 4. Schaltbild eines Wechselstrom - Sperrschalt - Einfachtarifzählers mit eingebauter Uhr mit elektrischem Aufzug und Handüberbrückungs-Schalter (als Vergütungszähler) Form WZS.

Unsere Ausführungen haben gezeigt, daß sich hier ein so fruchtbares Gebiet für die Zählerfabriken eröffnet, daß sie für das Eingehen mancher anderer Sonderausführungen infolge des Einheitstarifes wohl als entschädigt gelten können.

Motorischer Antrieb für Niederspannungs-Schaltgeräte.

Von W. Herden VDE, Berlin.

DK 621.316.5.077.2 : 621.34

Zum Ferneinschalten elektrischer Schalter werden z. Z. der Schaltmagnet, der Druckluftzylinder und der motorische Antrieb verwendet. Man kann keiner der drei Antriebsarten einen allgemeinen Vorzug einräumen, vielmehr hat die Wahl des für einen bestimmten Betriebsfall geeignetsten Antriebs nach den gegebenen Betriebsverhältnissen zu erfolgen. Wo Gleichstrom zur Verfügung steht, kann der Magnetantrieb vorteilhaft sein, besonders für kleine Schalter und wenn nicht zu große Schalthäufigkeit gefordert wird. In bezug hierauf bietet dagegen der Druckluftzylinder fast unbegrenzte Möglichkeiten; er wird aber wiederum vom motorischen Antrieb verdrängt, wenn die Bereitstellung von Druckluftflaschen oder einer Drucklufterzeugeranlage nicht in Betracht gezogen werden kann. Der motorische Antrieb gestattet gegenüber dem Magnet eine erheblich höhere Schalthäufigkeit, arbeitet außerdem trotz großer Schaltgeschwindigkeit stoßfrei und schont die bewegten Schalterteile. Er kann für Gleich-, Wechsel- und Drehstrom eingerichtet werden. Seine Leistungsaufnahme ist infolge seines besseren Wirkungsgrades sehr viel geringer als diejenige des Einschaltmagneten. Hinsichtlich seiner Betriebssicherheit ist er — besonders wenn der Drehstrom-Kurzschlußläufermotor verwendet wird — dem Magnet überlegen. Durch diese Vorteile werden die geringen Mehrkosten des motorischen Antriebs gegenüber dem Magneten in den meisten Betriebsfällen aufgewogen. Für größere Schalter ist der Preisunterschied im Vergleich zum Gesamtpreis des Schalters unerheblich, und wenn noch in Betracht gezogen wird, daß für Schalter über 1000 A Nennstrom der Wechselstrommagnet als Einschaltorgan ausscheidet, bleibt häufig nur die Anwendung des motorischen Antriebs übrig.

Die Wirkungsweise des motorischen Antriebs beruht darauf, daß der mit stark erhöhtem Drehmoment arbeitende Motor während der ersten Umdrehungen nach dem Einschalten nicht sofort den Schalter bewegt, sondern eine dem Leistungsbedarf des Schalters angepaßte Schwungmasse beschleunigt und in ihr eine kinetische Energie aufspeichert. Nach dieser Vorarbeit erst wird der Schalter mitbewegt, wobei Motor und Schwungmasse Arbeit leisten. Der Anteil der Schwungmasse an dieser Einschaltarbeit ist ein Mehrfaches der Motorleistung und so groß, daß er mit großer Sicherheit allein zum Einschalten des Schalters ausreichen würde. Die Wartezeit zum Aufladen der Schwungmasse ist sehr klein. Die Gesamtzeit vom Augenblick der Kommandogabe bis zum Berühren der Kontakte des einzuschaltenden Schalters ist bei den Antrieben für Schalter bis 1000 A etwa 0,2 bis 0,3 s; für große Schalter benötigt der Antrieb etwa 0,3 bis 0,4 s. Der Antrieb ist somit zum Parallelschalten von Drehstrommaschinen voll verwendungsfähig, denn es besteht die Regel, daß bei Synchronisiereinrichtungen eine Wartezeit von 0,5 s zwischen Kommandogabe und Kontaktberührung noch gut annehmbar ist.

1 Motor
2 Vorgelege
3 Welle des Vorgeleges
4 Kurbel
5 Mitnehmerbolzen
6 Schalter-Griffnabe
7 Federgestänge
8 Federgehäuse
9 Langloch
10 Schwungmasse
11 Feder
12 Bremsband
13 Anker
14 Feder
15 Bremslüftmagnet

Abb. 1. Motorischer Antrieb.

Mechanisch baut sich der Antrieb in der Bauweise der AEG wie folgt auf: Die Drehzahl des Motors *1* (Abb. 1) wird durch ein Vorgelege *2* stark untersetzt, etwa 40 : 1. Bei jedem Schaltgang macht die langsam laufende Welle *3* des Vorgeleges eine Umdrehung, kehrt also immer in die in Abb. 1 gezeichnete Ausgangsstellung zurück. Zwischen der Kurbel *4*, der Welle *3* und dem Mitnehmerbolzen *5* an der Schalter-Griffnabe *6* ist als Kupplung zwischen Motor und Schalter ein Federgestänge *7* eingelegt. Das am Schalter angelenkte Ende des Gestänges macht bei jedem Schaltgang nur eine dem Einschaltweg des Schalters entsprechende Winkeldrehung. Das Federgehäuse *8* besitzt einen Langschlitz *9*, in den der Mitnehmerbolzen *5* eingreift. Wird der Schalter von Hand ein- oder ausgeschaltet, so bewegt sich dabei der Mitnehmerbolzen *5* frei in dem Schlitz hin und her; der motorische Antrieb bleibt also hierbei in Ruhe. Sofern sich aber die Mitnehmerkurbel *4* im Kreise herumbewegt, wird das Federgestänge zunächst leer mitbewegt, bis der Mitnehmerbolzen *5* in dem Schlitz des Gestängegehäuses anschlägt, worauf der Schalter in EIN-Richtung mitgenommen wird. Von der Startstellung der Kurbel *4* bei *A* bewegt sich diese bis zum Punkt *B*, bevor der Schalter mitgenommen wird. Die Wegstrecke *A—B* dient als Anlauf des Motors und zur Aufladung der Schwungmasse *10*. Der weitere Weg *B—C* der Mitnehmerkurbel *4* entspricht dem Einschaltweg des Schalters. Der Mitnehmerbolzen *5* befindet sich jetzt in der EIN-Stellung bei „EIN". Bei weiterer Drehung der Mitnehmerkurbel bis in die Stellung *D* (180° Drehung aus der Startstellung) wird die Feder *11*, welche im Federgehäuse *8* als elastisches Glied des Gestänges *7* mit einiger Vorspannung eingebracht ist, zusammengedrückt, da die Griffnabe *6* über ihre EIN-Stellung hinaus der Bewegung nicht folgen kann. Dadurch entsteht eine zusätzliche Druckkraft an der Schalterwelle in EIN-Richtung, durch die mit großer Sicherheit die Verklinkung des Schalters in der EIN-Stellung gesichert wird. Bei weiterer Drehung der Mitnehmerkurbel *4* in Pfeilrichtung wird das Federgestänge nach erfolgter Einschaltung des Schalters wieder zurückbewegt, den Schal-

ter in der EIN-Stellung zurücklassend. Die Bewegungsfreiheit zu dieser Rückbewegung ist durch den Langschlitz im Federgehäuse gegeben.

Es sei noch auf die Bremse und den Bremslüfter hingewiesen. Die Schwungmasse *10* dient der Einrichtung gleichzeitig als Bremsscheibe. Das Bremsband *12* befindet sich in Bremsstellung des Antriebes durch die Bremskraft der Feder *14*. Die Bremse wird gelüftet durch den Bremslüftungsmagnet *15*, der bei Kommandogabe gleichzeitig erregt wird und bis zum Ablauf des Schaltvorgangs erregt bleibt.

2 1 3 4
8
5
6
7
R
S
T
K45740

1 Motor
2 Spule des Bremslüfters
3 Parallelkontakte für Motor
4 Steuerkontakt für Spule des Selbstunterbrechers
5 Selbstunterbrecher
6 Spule des Selbstunterbrechers
7 Haltekontakt am Selbstunterbrecher
8 Betätigungsschalter

Abb. 2. Prinzipschaltung des motorischen Antriebs.

Aus Abb. 2 ist die Schaltung des Antriebs ersichtlich. Das Beispiel behandelt einen AEG-Antrieb mit Drehstrommotor. Als Zusatzgeräte werden der Selbstunterbrecher *5* und ein zweipoliger Betätigungsschalter *8* benötigt. Der Vorgang ist folgender: Wird der Betätigungsschalter *8* geschlossen, so beziehen der Motor *1* und die Bremslüfterspule *2* über die geschlossenen Kontakte des Selbstunterbrechers *5* Strom aus dem Netz *RST*. Die dritte Phase *T* ist aus Ersparnisgründen direkt an den Motor herangeführt. Der Bremslüftmagnet hebt die Bremsfeder an, lüftet dabei die Bremse, und der Motor läuft bei verhältnismäßig starker Stromaufnahme sehr schnell an. Schon nach wenigen Umdrehungen des Motors werden die vom Lauf des Motors gesteuerten Parallelkontakte *3* geschlossen. Die Parallelkontakte *3* stellen einen Parallelweg zur Speisung des Motors und Bremslüfters aus dem Netz her, so daß nach ihrer Einschaltung der Lauf des Motors am Betätigungsschalter nicht mehr unterbrochen werden kann. Der Steuerkontakt *4* am Motor wird gegen Ende des Einschaltvorgangs kurzzeitig geschlossen und bezweckt die Erregung der Spule *6* des Selbstunterbrechers und die Öffnung der Kontakte desselben. Mit der Öffnung dieser Kontakte ist die Stromzufuhr zum Motor und Bremslüfter über den Weg des Betätigungsschalters abgeriegelt. Unmittelbar darauf und kurz bevor die Kurbelwelle am Vorgelege des motorischen Antriebs ihre Ausgangsstellung wieder erreicht, also kurz vor einer ganzen Umdrehung derselben, werden die Kontakte *3* und *4* am motorischen Antrieb wieder geöffnet und unabhängig von der Stellung des Betätigungsschalters der Motor und der Bremslüfter wieder stromlos. Die Bremsung des Motors setzt augenblicklich ein und bringt den Motor sehr schnell zum Stillstand. Der Einschaltvorgang ist damit beendet. Der ganze oben beschriebene Vorgang spielt sich in sehr kurzer Zeit ab, so daß es gar nicht möglich ist, daß in dieser kurzen Zeit der Betätigungsschalter vom Bedienenden schon wieder geöffnet werden kann. Der Betätigungsschalter wird also in dem Zeitpunkt, in dem der Motor zum Stillstand kommt, in allen Fällen noch in Schließstellung stehen. Das würde aber eine sofortige Wiedereinschaltung des Motors verursachen, wenn nicht der Parallelkontakt *7* am Selbstunterbrecher dies verhinderte. Gleichzeitig mit der Erregung der Spule *6* des Selbstunterbrechers wurde der Kontakt *7* geschlossen und dadurch für die Spule *6* ein Parallelweg geschaffen, der über den Betätigungsschalter führt. Obwohl also nach beendetem Lauf des Motors der Steuerkontakt *4*, über den die erste Speisung der Spule *6* nach dem Einschaltkommando erfolgte, wieder geöffnet wird, bleibt die Stromzufuhr zur Spule *6* weiter aufrechterhalten, bis der Betätigungsschalter wieder geöffnet wird. Dadurch wiederum wird erreicht, daß nach jeder Kommandogabe mit dem Betätigungsschalter immer nur ein Schaltvorgang vom Antrieb ausgeführt wird. Auch wenn der Schalter infolge des Einschaltens auf Überstrom sofort in die AUS-Stellung zurückfällt, erfolgt keine Wiedereinschaltung, weil die Kontakte am Selbstunterbrecher offen bleiben, bis der Betätigungsschalter geöffnet wird. Ein Pumpen des Schalters ist also verhindert.

K 45741

Abb. 3. Überstromfernschalter (eine Funkenkammer abgenommen) mit motorischem Antrieb.

Bei Maschennetzschaltern, die grundsätzlich mit motorischen Schalterantrieben ausgerüstet werden, muß man mit der Möglichkeit rechnen, daß die Spannung am Schalter beim Schalten auf einen Netzkurzschluß vollkommen zusammenbricht und Motor und Bremslüfter während des Einschaltvorgangs spannungslos werden. In solchem Falle geht trotz fehlender Spannung der Schaltvorgang ungehindert vonstatten, denn der Motor hat bis zum Auftreffen der Kontakte am Schalter in seiner Schwungmasse die notwendige kinetische Energie aufgespeichert, die nach Vorgesagtem für sich allein ausreicht, den Schaltvorgang zu beenden. An dem Bremslüfter aber wird für diesen Zweck eine besondere Bremssperre angebracht, die das Einfallen der Bremsfeder bis zur Beendigung des Schaltganges mechanisch sperrt, so daß der Lüftmagnet bei Beginn des Schaltganges die Bremsfeder nur zu lüften, nicht aber während des ganzen Schaltganges zu halten braucht.

Aus der Abb. 3 ist der Anbau des Antriebs an einen Schalter für 350 A, 380 V ersichtlich.

Die Aufgaben der Betriebs-Lautsprecheranlage in einem neuzeitlichen Unternehmen.

(Mitteilung aus der Elektro-akustischen Abteilung der Telefunkengesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H.)

Von I. Kirstaedter, Berlin.

DK 621.395.623.7 + 621.396.623.7 : 66/69

Die Betriebs-Lautsprecheranlage eines neuzeitlichen Unternehmens, auch elektro-akustische Anlage genannt, dient der Verbreitung von Nachrichten aller Art durch Lautsprecher. Ursprünglich beschränkte man sich auf eine Lautsprecheranlage für einen größeren Versammlungsraum oder -platz innerhalb des Betriebes. Sehr bald erkannte man dann — namentlich gilt dies für größere Betriebe —, daß eine über den ganzen Betrieb ausgedehnte Lautsprecheranlage mannigfache Vorteile mit sich bringt. Dank einer solchen Anlage können z. B. Veranstaltungen, wie Betriebsappelle u. ä., praktisch ohne Vorbereitung bei minimalem Arbeitszeitausfall sofort durchgeführt werden.

Abb. 1. Gebäudeplan und örtlicher Aufbau der Betriebs-Lautsprecheranlage eines Großbetriebes.

Wurde die Betriebs-Lautsprecheranlage zunächst nur für die vorgenannten Zwecke eingesetzt, so ergab sich aus ihrer allgemeinen und großzügigen Einführung sehr bald ihre Verwendbarkeit für Sonderaufgaben organisatorischer und technischer Art. Verstärker und Lautsprecher eignen sich naturgemäß auch für die Übertragung von beliebigen akustischen Signalen, zu deren Erzeugung bisher in den Betrieben mehrere besondere Signalanlagen mit Sirenen, Hupen, Läutewerken, Schnarren usw. verwendet wurden. Durch den Lautsprecher können außer diesen Signalen Klangwirkungen erzielt und Tonzusammenstellungen wiedergegeben werden, die physiologisch angenehmer und in ihrer Signalwirkung auffälliger und unterschiedlicher gestaltet werden können als die bisher üblichen Signalgeräusche. Diese Möglichkeiten führten zu folgenden Erweiterungen des Anwendungsbereiches der Betriebs-Lautsprecheranlage:

1. Luftschutzsignale (Vorwarnen, Warnen, Entwarnen),
2. Anweisungen und Befehle des Luftschutzleiters,
3. Feueralarmsignale,
4. Pausensignale,
5. Personensuchanlage.

Die Projektierung einer Betriebs-Lautsprecheranlage muß selbstverständlich die örtlichen Verhältnisse und besonderen Bedürfnisse des betreffenden Betriebes berücksichtigen. Grundsätzlich besteht eine solche Anlage neben den Aufnahmegeräten (Mikrophon, Rundfunkempfänger usw.) aus einer Verstärkeranlage, welche den oder die Lautsprecher speist. Die Größe des Betriebes wird weiter ausschlaggebend sein, ob eine zentrale Zusammenfassung der erforderlichen Verstärker in Betracht kommt oder ob einer dezentralisierten Aufstellung mindestens der Leistungsverstärker, welche die verschiedenen Lautsprechergruppen speisen, der Vorzug zu geben ist. Hierbei wird im allgemeinen die zentrale Zusammenfassung für kleinere Betriebe oder solche Betriebe, die in einem nicht zu ausgedehnten Gebäude zusammengefaßt sind, in Betracht kommen, während eine dezentralisierte Anlage vornehmlich für Großbetriebe mit mehreren weiter auseinandergezogenen Gebäuden, Werkstätten usw. tunlich ist.

Da sich eine Betriebs-Lautsprecheranlage mit einer zentralen Verstärkeranlage in ihrem Aufgabenkreis von einer solchen mit dezentralisierter Anordnung nicht unterscheidet, bei dem dezentralisierten Aufbau jedoch alle hierbei auftretenden organisatorischen und technischen Fragen umfassender berührt werden, soll nachstehend eine im Bau befindliche Betriebs-Lautsprecheranlage mit dezentralisierter Anordnung für einen Großbetrieb näher erläutert werden.

Die Abb. 1 gibt einen Überblick über die Anordnung der Gebäude auf dem Gelände des betreffenden Großbetriebes. In diesen Plan ist gleichzeitig der örtliche Aufbau der Betriebs-Lautsprecheranlage eingezeichnet: Nahezu in der Mitte des Hauptgebäudes im Bauteil *D* ist die Hauptzentrale aufgestellt. Mit der Hauptzentrale sind die beiden Alarmzentralen, vorläufig achtzehn Unterzentralen und fünf Steuerstellen verbunden. Die Hauptzentrale bildet die teils fern-, teils handbediente Ver-

ter in der EIN-Stellung zurücklassend. Die Bewegungsfreiheit zu dieser Rückbewegung ist durch den Langschlitz im Federgehäuse gegeben.

Es sei noch auf die Bremse und den Bremslüfter hingewiesen. Die Schwungmasse *10* dient der Einrichtung gleichzeitig als Bremsscheibe. Das Bremsband *12* befindet sich in Bremsstellung des Antriebes durch die Bremskraft der Feder *14*. Die Bremse wird gelüftet durch den Bremslüftungsmagnet *15*, der bei Kommandogabe gleichzeitig erregt wird und bis zum Ablauf des Schaltvorgangs erregt bleibt.

1 Motor
2 Spule des Bremslüfters
3 Parallelkontakte für Motor
4 Steuerkontakt für Spule des Selbstunterbrechers
5 Selbstunterbrecher
6 Spule des Selbstunterbrechers
7 Haltekontakt am Selbstunterbrecher
8 Betätigungsschalter

Abb. 2. Prinzipschaltung des motorischen Antriebs.

Aus Abb. 2 ist die Schaltung des Antriebs ersichtlich. Das Beispiel behandelt einen AEG-Antrieb mit Drehstrommotor. Als Zusatzgeräte werden der Selbstunterbrecher *5* und ein zweipoliger Betätigungsschalter *8* benötigt. Der Vorgang ist folgender: Wird der Betätigungsschalter *8* geschlossen, so beziehen der Motor *1* und die Bremslüfterspule *2* über die geschlossenen Kontakte des Selbstunterbrechers *5* Strom aus dem Netz *RST*. Die dritte Phase *T* ist aus Ersparnisgründen direkt an den Motor herangeführt. Der Bremslüftmagnet hebt die Bremsfeder an, lüftet dabei die Bremse, und der Motor läuft bei verhältnismäßig starker Stromaufnahme sehr schnell an. Schon nach wenigen Umdrehungen des Motors werden die vom Lauf des Motors gesteuerten Parallelkontakte *3* geschlossen. Die Parallelkontakte *3* stellen einen Parallelweg zur Speisung des Motors und Bremslüfters aus dem Netz her, so daß nach ihrer Einschaltung der Lauf des Motors am Betätigungsschalter nicht mehr unterbrochen werden kann. Der Steuerkontakt *4* am Motor wird gegen Ende des Einschaltvorgangs kurzzeitig geschlossen und bezweckt die Erregung der Spule *6* des Selbstunterbrechers und die Öffnung der Kontakte desselben. Mit der Öffnung dieser Kontakte ist die Stromzufuhr zum Motor und Bremslüfter über den Weg des Betätigungsschalters abgeriegelt. Unmittelbar darauf und kurz bevor die Kurbelwelle am Vorgelege des motorischen Antriebs ihre Ausgangsstellung wieder erreicht, also kurz vor einer ganzen Umdrehung derselben, werden die Kontakte *3* und *4* am motorischen Antrieb wieder geöffnet und unabhängig von der Stellung des Betätigungsschalters der Motor und der Bremslüfter wieder stromlos. Die Bremsung des Motors setzt augenblicklich ein und bringt den Motor sehr schnell zum Stillstand. Der Einschaltvorgang ist damit beendet. Der ganze oben beschriebene Vorgang spielt sich in sehr kurzer Zeit ab, so daß es gar nicht möglich ist, daß in dieser kurzen Zeit der Betätigungsschalter vom Bedienenden schon wieder geöffnet werden kann. Der Betätigungsschalter wird also in dem Zeitpunkt, in dem der Motor zum Stillstand kommt, in allen Fällen noch in Schließstellung stehen. Das würde aber eine sofortige Wiedereinschaltung des Motors verursachen, wenn nicht der Parallelkontakt *7* am Selbstunterbrecher dies verhinderte. Gleichzeitig mit der Erregung der Spule *6* des Selbstunterbrechers wurde der Kontakt *7* geschlossen und dadurch für die Spule *6* ein Parallelweg geschaffen, der über den Betätigungsschalter führt. Obwohl also nach beendetem Lauf des Motors der Steuerkontakt *4*, über den die erste Speisung der Spule *6* nach dem Einschaltkommando erfolgte, wieder geöffnet wird, bleibt die Stromzufuhr zur Spule *6* weiter aufrechterhalten, bis der Betätigungsschalter wieder geöffnet wird. Dadurch wiederum wird erreicht, daß nach jeder Kommandogabe mit dem Betätigungsschalter immer nur ein Schaltvorgang vom Antrieb ausgeführt wird. Auch wenn der Schalter infolge des Einschaltens auf Überstrom sofort in die AUS-Stellung zurückfällt, erfolgt keine Wiedereinschaltung, weil die Kontakte am Selbstunterbrecher offen bleiben, bis der Betätigungsschalter geöffnet wird. Ein Pumpen des Schalters ist also verhindert.

Abb. 3. Überstromfernschalter (eine Funkenkammer abgenommen) mit motorischem Antrieb.

Bei Maschennetzschaltern, die grundsätzlich mit motorischen Schalterantrieben ausgerüstet werden, muß man mit der Möglichkeit rechnen, daß die Spannung am Schalter beim Schalten auf einen Netzkurzschluß vollkommen zusammenbricht und Motor und Bremslüfter während des Einschaltvorgangs spannungslos werden. In solchem Falle geht trotz fehlender Spannung der Schaltvorgang ungehindert vonstatten, denn der Motor hat bis zum Auftreffen der Kontakte am Schalter in seiner Schwungmasse die notwendige kinetische Energie aufgespeichert, die nach Vorgesagtem für sich allein ausreicht, den Schaltvorgang zu beenden. An dem Bremslüfter aber wird für diesen Zweck eine besondere Bremssperre angebracht, die das Einfallen der Bremsfeder bis zur Beendigung des Schaltganges mechanisch sperrt, so daß der Lüftmagnet bei Beginn des Schaltganges die Bremsfeder nur zu lüften, nicht aber während des ganzen Schaltganges zu halten braucht.

Aus der Abb. 3 ist der Anbau des Antriebs an einen Schalter für 350 A, 380 V ersichtlich.

Die Aufgaben der Betriebs-Lautsprecheranlage in einem neuzeitlichen Unternehmen.

(Mitteilung aus der Elektro-akustischen Abteilung der Telefunkengesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H.)

Von I. Kirstaedter, Berlin.

DK 621.395.623.7 + 621.396.623.7 : 66/69

Die Betriebs-Lautsprecheranlage eines neuzeitlichen Unternehmens, auch elektro-akustische Anlage genannt, dient der Verbreitung von Nachrichten aller Art durch Lautsprecher. Ursprünglich beschränkte man sich auf eine Lautsprecheranlage für einen größeren Versammlungsraum oder -platz innerhalb des Betriebes. Sehr bald erkannte man dann — namentlich gilt dies für größere Betriebe —, daß eine über den ganzen Betrieb ausgedehnte Lautsprecheranlage mannigfache Vorteile mit sich bringt. Dank einer solchen Anlage können z. B. Veranstaltungen, wie Betriebsappelle u. ä., praktisch ohne Vorbereitung bei minimalem Arbeitszeitausfall sofort durchgeführt werden.

Abb. 1. Gebäudeplan und örtlicher Aufbau der Betriebs-Lautsprecheranlage eines Großbetriebes.

Wurde die Betriebs-Lautsprecheranlage zunächst nur für die vorgenannten Zwecke eingesetzt, so ergab sich aus ihrer allgemeinen und großzügigen Einführung sehr bald ihre Verwendbarkeit für Sonderaufgaben organisatorischer und technischer Art. Verstärker und Lautsprecher eignen sich naturgemäß auch für die Übertragung von beliebigen akustischen Signalen, zu deren Erzeugung bisher in den Betrieben mehrere besondere Signalanlagen mit Sirenen, Hupen, Läutewerken, Schnarren usw. verwendet wurden. Durch den Lautsprecher können außer diesen Signalen Klangwirkungen erzielt und Tonzusammenstellungen wiedergegeben werden, die physiologisch angenehmer und in ihrer Signalwirkung auffälliger und unterschiedlicher gestaltet werden können als die bisher üblichen Signalgeräusche. Diese Möglichkeiten führten zu folgenden Erweiterungen des Anwendungsbereiches der Betriebs-Lautsprecheranlage:

1. Luftschutzsignale (Vorwarnen, Warnen, Entwarnen),
2. Anweisungen und Befehle des Luftschutzleiters,
3. Feueralarmsignale,
4. Pausensignale,
5. Personensuchanlage.

Die Projektierung einer Betriebs-Lautsprecheranlage muß selbstverständlich die örtlichen Verhältnisse und besonderen Bedürfnisse des betreffenden Betriebes berücksichtigen. Grundsätzlich besteht eine solche Anlage neben den Aufnahmegeräten (Mikrophon, Rundfunkempfänger usw.) aus einer Verstärkeranlage, welche den oder die Lautsprecher speist. Die Größe des Betriebes wird weiter ausschlaggebend sein, ob eine zentrale Zusammenfassung der erforderlichen Verstärker in Betracht kommt oder ob einer dezentralisierten Aufstellung mindestens der Leistungsverstärker, welche die verschiedenen Lautsprechergruppen speisen, der Vorzug zu geben ist. Hierbei wird im allgemeinen die zentrale Zusammenfassung für kleinere Betriebe oder solche Betriebe, die in einem nicht zu ausgedehnten Gebäude zusammengefaßt sind, in Betracht kommen, während eine dezentralisierte Anlage vornehmlich für Großbetriebe mit mehreren weiter auseinandergezogenen Gebäuden, Werkstätten usw. tunlich ist.

Da sich eine Betriebs-Lautsprecheranlage mit einer zentralen Verstärkeranlage in ihrem Aufgabenkreis von einer solchen mit dezentralisierter Anordnung nicht unterscheidet, bei dem dezentralisierten Aufbau jedoch alle hierbei auftretenden organisatorischen und technischen Fragen umfassender berührt werden, soll nachstehend eine im Bau befindliche Betriebs-Lautsprecheranlage mit dezentralisierter Anordnung für einen Großbetrieb näher erläutert werden.

Die Abb. 1 gibt einen Überblick über die Anordnung der Gebäude auf dem Gelände des betreffenden Großbetriebes. In diesen Plan ist gleichzeitig der örtliche Aufbau der Betriebs-Lautsprecheranlage eingezeichnet: Nahezu in der Mitte des Hauptgebäudes im Bauteil *D* ist die Hauptzentrale aufgestellt. Mit der Hauptzentrale sind die beiden Alarmzentralen, vorläufig achtzehn Unterzentralen und fünf Steuerstellen verbunden. Die Hauptzentrale bildet die teils fern-, teils handbediente Ver-

mittlungsstelle für alle Steuerstellen, Alarm- und Unterzentralen. Mit „Steuerstellen" haben wir solche Plätze bezeichnet, von denen aus unter Vermittlung der Hauptzentrale Nachrichten über die Lautsprecheranlage verbreitet werden können. Hierzu gehören:

1. Die Mikrophonsprechstellen (Bauteil *C*, Direktion). Dies sind die Plätze, an denen nach Bedarf ein Mikrophon angeschaltet werden kann, um von dort aus die Lautsprecher zu besprechen (z. B. für eine Ansprache des Betriebsführers).
2. Der Feueralarmgeber (im Brandhaus). Von hier aus wird durch Fernbedienung der hierbei vollautomatisch arbeitenden Hauptzentrale das Feueralarmsignal in dem jeweils gewünschten Bauteil durch die Lautsprecher wiedergegeben. Auch Gesamtalarm kann gegeben werden.
3. Der Warngeber beim Luftschutzleiter (Bauteil *O*). Von diesem Platz aus ist der Luftschutzleiter in der Lage, ebenfalls unter Fernbedienung der Hauptzentrale die bekannten Warnsignale für Luftschutz über die Lautsprecher im Gesamtwerk wiederzugeben. Ferner kann er durch ein Mikrophon Befehle und Verhaltungsmaßregeln im Gesamtwerk verbreiten.
4. Sprechstelle für Personenruf und Rundspruch (Bauteil *D* in unmittelbarer Nähe der Hauptzentrale). Die Sprechstelle für Personenruf und Rundspruch bildet die Zentrale für die sog. Personensuchanlage. Von hier aus kann man eine bestimmte Person unter Fernbedienung der Hauptzentrale in einem, mehreren oder in allen Bauteilen gleichzeitig ausrufen lassen.
5. Die Sprechstelle für Kraftwagenruf (Bauteil *B*). Von hier aus kann man unter Fernbedienung der Hauptzentrale die Fahrer über die Lautsprecher auf dem Parkplatz in den Garagen rufen.

Abb. 2. Schaltplan der Betriebs-Lautsprecheranlage.

Die achtzehn Unterzentralen, die im wesentlichen die Leistungsverstärker zur Speisung der Lautsprecher in den zugeordneten Bauteilen enthalten, unterscheiden sich in:

1. nur ferngesteuerte, d. h. selbsttätig arbeitende Unterzentralen, d. s. Unterzentralen, die nur in Verbindung mit der Hauptzentrale arbeiten können und von hier aus auch ferngesteuert und überwacht werden,
2. ferngesteuerte Unterzentralen mit eigener „Modulationseinrichtung". Von diesen Unterzentralen sind zwei in den beiden Kasinogebäuden Nord und Süd vorgesehen. Sie enthalten außer den Einrichtungen der unter 1. genannten Unterzentralen zusätzliche Einrichtungen, um eigene Mikrophonübertragungen, Rundfunk, Schallplatten und Tonfilme in den Kasinogebäuden ohne und auch unter Zuhilfenahme der Hauptzentrale wiedergeben zu können. Diese Einrichtung wurde getroffen, da in den Kasinos oft Sonderveranstaltungen stattfinden.

Abb. 3. Anordnung der Lautsprecher in Betriebs- und Nebenräumen.

Diesen unter 2. genannten Unterzentralen technisch sehr ähnlich aufgebaut sind die beiden Alarmzentralen. Sie enthalten außer den Leistungsverstärkern zur Speisung der Lautsprecher in den zugeordneten Bauteilen die Einrichtungen zur Auslösung der Alarmsignale für Luftschutz über die Lautsprecheranlage sowie Mikrophone zur Durchsage von Luftschutzbefehlen. Wie die unter 2.

genannten Unterzentralen besitzen die Alarmzentralen außerdem eigene Modulationseinrichtungen für die Wiedergabe von Rundfunk, Drahtfunk und Schallplatten über die Betriebs-Lautsprecheranlage, insbesondere in den Luftschutzräumen zum Zwecke einer beruhigenden Beeinflussung im Ernstfall. Die Alarmzentralen wurden aus naheliegenden Gründen baumäßig in Schutzräumen angeordnet. Sie sind innerhalb der ihnen gegebenen Übertragungsmöglichkeiten völlig gleichwertig, so daß bei Ausfall einer Alarmzentrale die andere voll einspringen kann.

Bezüglich der vorbeschriebenen „Modulationseinrichtungen“ bleibt noch zu erwähnen, daß die Einrichtungen für die Übertragung der normalen Unterhaltungsmodulation (wie Rundfunk, Drahtfunk, Schallplatten) in der Hauptzentrale selbst untergebracht sind.

Abb. 4. Prismen-Lautsprecher im Flur.

Eine Übersicht über den Schaltungsaufbau dieser Betriebs-Lautsprecheranlage gibt Abb. 2. Man erkennt, daß sämtliche „Modulationsgeber“, unter welchen wir die diesbezüglichen Einrichtungen innerhalb der vorgenannten Steuerstellen, Alarmzentralen und Unterzentralen verstehen, mit dem Eingangsverteiler der Hauptzentrale verbunden sind. Die Kreuzungspunkte dieses Eingangsverteilers (durch die waage- und senkrechten Linien gebildet) werden zur Ermöglichung des vollselbsttätigen Betriebes durch eine geeignete Relaisschaltung mit den erforderlichen Blockierungs- und Meldeeinrichtungen für die Fernbedienungsvorrichtungen der Modulationsgeber miteinander verbunden. Die Modulation gelangt dann über die sechs Zwischenverstärker der Hauptzentrale, welche die gleichzeitige Vermittlung und Übertragung von sechs verschiedenen Modulationsarten in der Hauptzentrale gestatten, auf den ebenso wie der Eingangsverteiler für Fernbedienung ausgerüsteten Ausgangsverteiler der Hauptzentrale, durch den anderseits die Verbindungen zu den Unterzentralen hergestellt werden.

Die Relaisschaltung für die Herstellung der innerhalb der Verteiler usw. erforderlichen Verbindungen ist nach bekannten Grundsätzen so aufgebaut, daß die Modulationsarten nach ihrer Wichtigkeit in eine Rangordnung gebracht sind. Für die Verbindung der Modulationswege selbst sind allerdings Sonderrelais, sogenannte Tonrelais, eingesetzt. Dies war notwendig, da an Schaltelemente für tonfrequente Spannungen mit kleinem Pegel besondere Anforderungen zu stellen waren, um eine völlig kontaktgeräuschfreie Übertragung trotz

Abb. 5. Einbau-Lautsprecher in einem Direktionszimmer.

Abb. 6. Schallring-Lautsprecher.

nachfolgender hoher Verstärkung bei größter Übersprechdämpfung zu gewährleisten. In der Rangordnung an erster Stelle stehen hierbei als Modulationsgeber die Alarmzentrale 1 und 2, an zweiter Stelle steht die Feuermeldezentrale, an dritter Stelle die Uhrenzentrale mit dem Pausenzeichengeber und an vierter Stelle die Fernmeldezentrale mit der Sprechstelle für Personenruf. Die Sprechstelle für Kraftwagenruf in der Hauptwache besitzt einen Teilvorrang an fünfter Stelle für die von hier aus zu erreichenden Lautsprecher. Die übrigen Modulationsgeber stehen rangmäßig an sechster Stelle und sind gleichberechtigt. Diese Rangordnung der Modulationsgeber hat zu bedeuten, daß ein in der Rangordnung höherstehender Modulationsgeber jederzeit in die Übertragung eines in der Rangordnung tieferstehenden Modulationsgebers eingreifen kann. Gleichrangige Modulationsgeber schließen sich gegenseitig für die Übertragung aus. Solche Modulationsgeber erhalten die erforderlichen Besetztzeichen. Durch diese Rangordnung ist gewährleistet, daß beispielsweise Luftschutzalarm jederzeit auf alle Lautsprecher übertragen werden kann. Für die einzelnen Unterzentralen ist auf Abb. 2 jedesmal die installierte Verstärkerleistung (zwischen 10- und 550-W-Tonfrequenzleistung) angegeben. Rechts von den Unterzentralen sind dann noch die angeschlossenen Lautsprecherkreise (römische Buchstaben) dargestellt, wobei in das Sinnbild für den Lautsprecher die Anzahl der jeweils angeschlossenen Lautsprecher eingetragen ist.

Für die Lautsprecherkreise wurde, soweit erforderlich, eine dreifache Führung vorgesehen. Dies hat folgenden Grund: An den Lautsprecherkreis *A* sind beispielsweise (s. Abb. 2) 50 Lautsprecher in Betriebsräumen und 10 Lautsprecher in Nebenräumen (Flure usw.) angeschlossen. Nicht alle auf den Lautsprecherkreis kommenden Modulationsarten sind nun auch in allen Betriebs- und Nebenräumen auf den Lautsprechern zum Abhören erwünscht oder notwendig. Dies führte zu der vorerwähnten dreifachen Führung, d. h. Unterteilung der betreffenden Lautsprecherkreise in drei Schleifen. An die „Hauptschleife“ (*h*) sind alle diejenigen Lautsprecher fest angeschlossen, die alle Modulationsarten wiedergeben sollen; das sind vornehmlich die Lautsprecher in den Betriebsräumen. Unter den Betriebsräumen wird es jedoch immer Räume geben, wie z. B. die Zimmer der Abteilungsleiter, in denen die Möglichkeit einer selb-

ständigen Abschaltung der Lautsprecher gefordert wird. An diese Lautsprecher wird neben der Hauptschleife (*h*) die „Alarmschleife“ (*a*) über einen Umschalter angeschlossen. Wird ein solcher Lautsprecher von der Hauptschleife abgeschaltet, so wird er durch den Umschalter an die Alarmschleife gelegt, kann also nur noch durch

Abb. 7. Bodenlautsprecher.

die bevorrechtigte Alarmmodulation gespeist werden. Ferner wird es Lautsprecher geben, z. B. in verhältnismäßig ruhigen Werkstätten mit einfacher Arbeit, in denen zu gewissen Stunden Unterhaltungsmusik wiedergegeben werden soll, die anderseits auf den an die Hauptschleife angeschlossenen Lautsprechern nicht erscheinen

Abb. 8. Alarmzentrale I.

soll. Solche Lautsprecher werden außer an die Hauptschleife über einen Umschalter an die „Unterhaltungsschleife“ (*u*) gelegt. Sie können auf diese Weise unabhängig von den übrigen Lautsprechern mit Unterhaltungsmodulation, z. B. Rundfunk oder Schallplatten, gespeist werden, wobei sie selbstverständlich für alle bevorrechtigten Modulationsarten ebenfalls erreichbar bleiben. In einigen Fällen wurden die Lautsprecher sogar an alle drei Schleifen (*h*), (*a*), (*u*) des Lautsprecherkreises angeschlossen.

Die Anordnung der Lautsprecher selbst in den verschiedenen Betriebs- und Nebenräumen zeigt Abb. 3. Versuche und Messungen haben ergeben, daß für die Besprechung der verhältnismäßig stark hallenden Flure und größeren Werkstätten die von Telefunken entwickelten Prismen-Lautsprecher (Abb. 4), zwei in einem prismenförmigen Gehäuse übereinander angeordnete permanent-dynamische Lautsprecherchassis, hervorragend geeignet sind. Diese Lautsprecher werden auf Fluren in einem Abstand von etwa 21 m und in einer Höhe von 2,50 m und gleichermaßen in größeren Werkstätten in einem Abstand von 12 bis 18 m angeordnet. Den Lautsprechern wird in diesem Fall eine Leistung von je 2 bis 3 W zugeführt. Für die Besprechung von Betriebs-

Abb. 9. Einrichtung der Hauptzentrale.

räumen mit bis zu drei Fensterachsen Breite haben sich die von Telefunken entwickelten Flachlautsprecher bewährt. Diese Lautsprecher (erforderlich 0,5 bis 1 W) ordnen sich dem architektonischen Bild des Raumes sehr gefällig ein und lassen sich ohne umfangreiche Putz- und Stemmarbeiten einfach montieren. In größeren Räumen mit mehr als drei Fensterachsen ordnet man die Flachlautsprecher in etwa 12 m Abstand bei gleicher zugeführter Tonfrequenzleistung an. Die Zimmer der Abteilungsleiter haben in die dort vorhandene Schrankwand eingebaute Lautsprecher hoher Qualität erhalten, die der Innenarchitektur entsprechend verkleidet unter Putz eingebaut wurden (vgl. Abb. 5).

Für die Besprechung des Aufmarschgeländes, der Sportanlage und des Parkplatzes vor dem Werkgelände werden Schallring- und Bodenlautsprecher (vgl. Abb. 6 und 7) in bekannter Weise verwendet.

Für den konstruktiven Aufbau der Verstärkeranlage wurde die von der Fernsprechtechnik her bekannte und seit vielen Jahren in der Verstärkeramtstechnik bewährte Anordnung der Geräte in Winkeleisen-Gestellen gewählt. Abb. 8 zeigt die Verstärkergestellfront für eine der Alarmzentralen nebst der zugehörigen Steuerstelle mit Mikrophon, Rundfunkgerät usw.

Die Einrichtung der Hauptzentrale ist aus Abb. 9 ersichtlich. Hier sind zwei Gestellreihen in ausreichendem Abstand voneinander und von den Wänden aufgestellt. Die geschlossene Vorderseite der Gestellreihen gewährleistet

eine gute Übersicht über die Geräte und ein raumarchitektonisch günstiges Bild der Zentrale. Alle betriebsmäßig zu bedienenden Teile der Verstärker und der übrigen Apparate sowie die Überwachungsinstrumente sind von der Vorderseite der oberen Gestellreihe („handbediente") her zugänglich bzw. zu betätigen oder abzulesen. Die untere Gestellreihe („fernbediente") enthält nur selbsttätig arbeitende Geräte, vor allem die Relais. Der Hauptbedienungs- und Überwachungsplatz ist in der Mitte des Raumes mit Blickrichtung auf das Übersichtstableau, auf dem die jeweils laufenden Übertragungen durch Lichtzeichen angezeigt werden. Unter dem Übersichtstableau sind die Geräte für Schallplattenwiedergabe und Tonaufnahme in einem schrankartigen Vorbau untergebracht. Über die Auslegung der für diese Betriebs-Lautsprecheranlage verwendeten Verstärker sowie die Bemessung und Verlegung des zugehörigen Leitungsnetzes wird in einer späteren Arbeit berichtet werden.

Elektrokarren mit Explosionsschutz.

Von **F. Roesner**, Hennigsdorf b. Berlin.

DK 621.335.51 : 614.83

Konstruktive Entwicklung der explosionsgeschützten Elektrokarren.

Die vielseitige Verwendungsmöglichkeit und wirtschaftliche Überlegenheit des Elektrokarrens als Flurfördermittel unter schwierigsten Betriebsverhältnissen verschaffte ihm auch bald Eingang in Anlagen von Sprengstoffbetrieben, die mit starker Staubentwicklung und den dadurch hervorgerufenen Gefahren zu rechnen haben. Es war daher naheliegend, das Fahrzeug in seiner elektrischen Ausrüstung an den Stellen, wo betriebsmäßig Schaltfunken auftreten, so ähnlich zu kapseln, wie dies bei den ortsfesten Anlagen zu der Zeit bereits üblich war. So wurden zunächst die Fahrschalter in geschweißte Gehäuse mit breiten Dichtungsflanschen an den Deckeln gesetzt, ebenso die Anfahrwiderstände und Sicherungen, während die geschlossenen Motoren mit besonders guter Abdichtung an den Kommutatordeckeln und die Batterien mit Konuspolen in den Zellen, gut schließenden Trogdeckeln und Verschlußkästen an den Ableitungsklemmen versehen wurden. Die auf diese Weise gegen das Eindringen von explosiblen Staubluftgemischen geschützten Fahrzeuge haben jahrelang anstandslos ihren Dienst in großen Anlagen geleistet, bevor Vorschriften für die Ausgestaltung des Schutzes im einzelnen vorlagen.

Die „Leitsätze für die Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten und Lagerräumen" VDE 0165/1935 brachten dann am 1. 4. 1935 in § 28 für „Ortsveränderliche Geräte", zu denen auch sinngemäß die Elektrokarren zu rechnen waren, die Forderung der gleichartigen Ausführung wie bei ortsfesten Anlagen, wobei allerdings die Ölkapselung für Anlasser usw. nicht zugelassen war. Für Sprengstoffbetriebe traten am 1. 7. 1936 VDE 0166/1936 „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in gefährdeten Räumen von Sprengstoffbetrieben" in Kraft, die in Verbindung mit den Leitsätzen VDE 0165 anzuwenden waren, sofern in den gefährdeten Räumen derartiger Betriebe nach den örtlichen und betrieblichen Verhältnissen Gase, Dämpfe oder auch Staube in explosiblen Gemischen auftraten.

Auf dieser Grundlage wurden nunmehr die neuen Schutzeinrichtungen an den Elektrokarren der AEG entwickelt.

Explosionsgeschützter Elektrokarren für 2000 kg Nutzlast.

In dem Schaltschrank hängt, wie Abb. 1 zeigt, der Fahrschalter in einer druckfest gebauten Wanne aus Stahlguß. Der Stahlgußdeckel ist mit breiten Paßflächen und mit vorschriftsmäßigen Dreikantkopfschrauben befestigt und besitzt je ein Handloch zu den Schmelzsicherungen und der Ladesteckdose sowie zwei Dreikantschaltzapfen für den Lichtschalter mit drei Stellungen und den Nockenschalter. Der Sicherungsdeckel kann nur in spannungslosem Zustand der Sicherungen geöffnet werden, so daß beim Auswechseln der Sicherungspatronen kein Fehler gemacht werden kann. Für den Steckdosendeckel[2]) besitzt nur der Ladewärter den passenden Schlüssel. An die Fahrschalterwanne schließt sich unten der Kabelklemmkasten an, der die mit Stopfbüchsen durch die Wandung geführten Kabelanschlüsse aufnimmt.

1 Anfahr- und Bremswiderstand
2 Hubkolben zur hydraulischen Hubvorrichtung
3 Kabelklemmkasten
4 Lichtschalter
5 Deckel für Ladesteckdose
6 Deckel für Motor- und Lichtsicherungen
7 Verriegelung des Nockenschalters
8 Fahrschaltergehäuse
9 Batterie-Kapazitäts-Anzeiger
10 Pumpenmotor
11 Zahnradpumpe
12 Bedienungsanweisung

Abb. 1. Elektrokarren mit elektro-hydraulischer Hubvorrichtung und gekapselter elektrischer Ausrüstung für explosionsgefährdete Betriebe. Schaltschranktür geöffnet, Hubplattform gehoben.

Nach Fortnahme des Deckels sind oben die waagerecht gelagerte Schaltwalze sichtbar (Abb. 2), ferner die Fingerleiste, deren beide rechtsliegenden Fingerpaare

[1]) ETZ 59 (1938) S. 1137.

[2]) Der Steckdosendeckel wird in Zukunft mit drei Schrauben entsprechend VDE 0171 befestigt.

durch die verschiebbare Muffe am Schalthebel über eine Stahldrahtwendel zum Wechseln der Fahrtrichtung betätigt werden. Links liegt der Nockenschalter mit Blasspule, der durch eine Nockenscheibe auf der Schaltwalze voreilend geöffnet und geschlossen wird, um so ein stromloses Schalten der Walzenkontakte zu erzielen. Durch einen Schlüssel kann der Nockenschalter von außen gesperrt werden, so daß Unbefugte das Fahrzeug nicht benutzen können. Darunter liegt die Ladesteckdose, in der Mitte daneben der Umschalter für die drei Betriebsstellungen „Laden", „Fahren" und „Fahren mit Licht". Rechts davon befinden sich die Kraft- und Licht-

1 Schaltwalze mit Umschalt-Fingerpaaren für Fahrtrichtungswechsel
2 Sicherungen für Motoren und Beleuchtung
3 Kilometerzähler
4 Kabelklemmkasten
5 Umschalter für Beleuchtung
6 Ladesteckdose
7 Nockenschalter mit Verriegelung
8 Pumpenmotor
9 Zahnradpumpe

Abb. 2. Explosionsgeschützter Elektrokarren mit geöffnetem Schaltschrank. Deckel des Fahrschaltgehäuses abgenommen.

strom-Sicherungselemente mit Tardostöpseln. Von dem Klemmkasten führen die in Stahlrohr verlegten NSH-Kabel zur Batterie, zum Anfahrwiderstand und zum Fahrmotor.

Der Fahrmotor ist als Flanschmotor druckfest ausgeführt, wobei die Kommutatordeckel mit Dreikantkopfschrauben befestigt werden, die Gehäuse werden mit 10 bis 12 atü geprüft. Die Ankerwelle treibt auf der in Abb. 3 sichtbaren Seite über ein Ritzel das zweifache Zahnrad- und Ausgleichgetriebe und damit die auf den Differentialwellen sitzenden Hinterräder an. Auf dem anderen Wellenende, im Bild links, sitzt, dicht am Gehäuse staubdicht gekapselt, die Bremsscheibe mit der durch Federdruck wirkenden Außenbackenbremse. Sie wird durch Niedertreten des Fußhebels am Führerstand gelüftet und durch Loslassen angezogen. Die Zahnräder und Differentialwellen laufen in dem aus Stahlguß gefertigten Getriebegehäuse und den Achstrichtern im Fettbade und sind allseitig staubdicht abgeschlossen. Der nur auf der ersten Anfahrstufe und bei Benutzung der elektrischen Bremse jeweils kurzzeitig unter Strom stehende Widerstand ist aus reichlich bemessenen parallel geschalteten Bandspiralen zusammengesetzt, die auch bei starker

1 Getriebegehäuse
2 Motorgehäuse
3 Bremsgehäuse
4 Schlußlampe
5 Gehäuse des Anfahr- und Bremswiderstandes

Abb. 3. Explosionsgeschützter Elektrokarren. Ansicht der Treibachse.

Benutzung nur geringe Erwärmung erreichen. Er ist in einem staubdichten gekapselten Gehäuse eingebaut und so aufgehängt, daß er vom Fahrwind gut bestrichen wird. Die Batterie wird schon im Hinblick auf § 36 der im Entwurf vorliegenden Vorschrift VDE 0171 in einem

1 Abfederung des Führerstandes
2 Ballhupe
3 Gehäuse des Anfahr- und Bremswiderstandes
4 Batterietrog aus Eisen mit Gummiauskleidung und Lüftungsaufsatz am Deckel
5 Sicherheitsstecker und Steckdose für Batterieanschluß
6 Schlußlampe
7 Scheinwerfer

Abb. 4. Elektroschlepper mit gekapselter elektrischer Ausrüstung für explosionsgefährdete Betriebe.

unterteilten Eisentrog so untergebracht, daß in den einzelnen Abteilen während des Betriebes keine höhere Spannung als 40 V auftreten kann. Ebenso werden die übrigen Forderungen des § 36 schon jetzt berücksichtigt, gleichgültig, ob es sich um Säure- oder alkalische Batterien handelt (Abb. 4).

Die Beleuchtungseinrichtung für den Verkehr innerhalb der Werkbetriebe besteht aus den beiden Scheinwerfern in druckfesten Gehäusen mit starken Glasscheiben und Vorsatzgittern, die zu beiden Seiten des Führerstandes gut geschützt unterhalb des Rahmens eingebaut sind. An der freien Stirnseite ist die ebenfalls in ein druckfestes Gehäuse eingeschlossene Schlußlampe möglichst stoßsicher unter dem Rahmenträger eingebaut. Die Lampen brennen, wenn der im Gehäuse befindliche Umschalter auf „Fahren mit Licht" geschaltet wird, sie erlöschen auf der Stellung „Fahren".

Mit dieser Konstruktion wurden neue Elektrokarren- und Elektroschlepperbauarten mit Explosionsschutz geschaffen, deren elektrische Ausrüstung auch den neuen Vorschriften VDE 0171 entspricht. Aber auch bei der Ausbildung der mechanischen Teile ist auf die Eigenart der Sprengstoffbetriebe weitgehend Rücksicht genommen. Neben der staubdicht gekapselten Bremse wird die Plattform aus Holz in einem Stück ausgeführt, damit möglichst wenig Zwischenräume entstehen, in denen sich explosible Staube in größeren Mengen absetzen können. Auch bei allen notwendigen auf ein Mindestmaß beschränkten Gelenkpunkten, wie Federgänge usw., werden durch Verwendung verschiedener Metalle bzw. neuer Werkstoffe zu hohe Reibungswiderstände vermieden. An Stelle einer elektrischen Hupe wird eine Ballhupe, wie in Abb. 4 ersichtlich, verwendet.

Um eine Beschleunigung im Materialdurchlauf zu erzielen und unnötig langes Stehenlassen der Fahrzeuge in den gefährdeten Räumen zu vermeiden, können die Elektrokarren auch mit einer elektrohydraulischen Hubvorrichtung ausgerüstet werden (s. Abb. 1). Die Karren arbeiten dann in Verbindung mit Ladebänken, die durch Unterfahren schnell auf- und abgenommen werden können. Die Hubvorrichtung besteht aus einem druckfest gekapselten Motorpumpensatz für 80 atü mittleren Druck, welcher oben auf dem Schaltschrank übersichtlich und gut zugänglich untergebracht ist, ferner aus der heb- und senkbaren Plattform, die über ein parallelogrammartiges Ausgleichsgestänge[3]) mittels zweier rechts und links am Rahmen angebrachten Hubzylinder bedient wird. Ein staubdicht gekapselter Walzenschalter mit Handgriff dient zum Einschalten des Pumpenmotors, während das Ausschalten selbsttätig durch die Plattform erfolgt, sobald diese ihre höchste Hubstellung erreicht hat. Die Hubzeit mit Volllast beträgt etwa 7 s, während das Absenken stromlos je nach Öffnen des Absperrventils an der Pumpe in 2 bis 3 s vor sich geht.

Eine große Anzahl der beschriebenen Elektrokarren mit Explosionsschutz ist bereits in Betrieb genommen und arbeitet unter den schwierigsten Betriebsverhältnissen sowohl in Räumen, wo explosible Gas- oder Dampfluftgemische als auch Staubluftgemische auftreten, völlig störungsfrei. Die Chemisch-Technische Reichsanstalt in Berlin-Plötzensee hat diese Karren für die vorgenannten Betriebe als absolut zuverlässig erklärt[4]).

Die neuentwickelten Elektrokarren mit Explosionsschutz sind trotz der gedrängten Bauart allen Anforderungen neuzeitlicher Sprengstoff- und ähnlicher Betriebe gewachsen.

[3]) DRP. 471 616.

[4]) In Zukunft werden von diesem Institut Typenprüfungen dieser Spezialfahrzeuge daraufhin vorgenommen, ob dieselben den Vorschriften des Explosionsschutzes genügen; den Fahrzeughaltern werden auf Wunsch entsprechende Atteste ausgehändigt.

Elektromotor, Schalt- und Steuergerät in der Entwicklung zu neuzeitlichen Industrie-Antrieben.

Von W. Schlotmann VDE, Berlin.

DK 621.313.13 + 621.316.5 + 621.316.7 : 621.34

Der Elektromotor.

Zweifellos verdient der Elektromotor in dem durch die Überschrift gekennzeichneten Zusammenhang an erster Stelle erwähnt zu werden, weil er in engster Verbindung mit der Arbeitsmaschine und dem Arbeitsprozeß steht.

Für Leistungen von dem Bruchteil eines Watts bis zu mehreren 1000 kW arbeitet der Elektromotor nach dem gleichen Grundgedanken und ist nach den gleichen physikalischen Erkenntnissen aufgebaut. Das beweist am deutlichsten die praktisch unbegrenzte Anpassungsfähigkeit dieses Antriebselementes, damit war aber auch die Möglichkeit gegeben, nicht nur alle Industriegebiete zu beherrschen, sondern auch Antriebe im Kleingewerbe, in der Landwirtschaft und im Haushalt.

Ausgehend von dem Wesen und dem eigentlichen Zweck des Elektromotors erforderte das Drehzahlverhalten sowohl im Anlauf als auch im Betrieb eingehende Forschung und Entwicklungsarbeit. Die Eigenart der verschiedenen Arbeitsmaschinen (Werkzeugmaschine, Pumpe, Fördereinrichtung, Mühle, Kompressor usw.) erforderte die verschiedensten Anlaufmomente, so daß die allgemeine Verwendung des einfachen Käfigläufermotors mit seiner festliegenden Drehmoment-Drehzahlkennlinie anfänglich vielfach auf Bedenken stieß. Die heute auf dem Markt befindlichen Ausführungsformen haben aber gezeigt, mit welcher Leichtigkeit die Elektrotechnik diese Forderung erfüllen konnte. So kennen wir heute Käfigläufermotoren mit Anzugmomenten, die beliebig zwischen dem 0,5- bis 0,8fachen und dem 2,5- bis 3fachen des Nennmomentes[1]) ausgeführt werden können. Höchste Bedürfnisse hinsichtlich des Sanftanlaufs einerseits und Schweranlaufs anderseits konnten damit erfüllt werden. Der Pumpen-Doppelstabläufer und Hub-Doppelstabläufer mit besonders kleinem Einschaltstrom (etwa dreifacher Nennstrom) haben darüber hinaus auch die Verwendung der einfachen direkten Einschaltung in schwachen Netzen ermöglicht (bei dem Ausbau neuzeitlicher Stromversorgungsnetze wird jedoch der Einschaltstrom immer weniger zu berücksichtigen sein).

Die Hebezeugindustrie und in jüngster Zeit vor allem die Werkzeugmaschinenindustrie stellten besonders hohe Anforderungen hinsichtlich der Schalthäufigkeit. Trotz der Tatsache, daß die beim Anlauf und Umkehrvorgang entstehenden Verluste beim Käfigläufermotor nicht abgeführt werden können und damit zu einer starken Wärmebeanspruchung insbesondere des Läufers führen, war schon mit Rücksicht auf die Einfachheit der Inbetriebsetzung nur dieser Motor berechtigt, den höchsten Ansprüchen zu genügen. Zweckentsprechende Ausbildung der Arbeitsmaschine und geeignete Bemessung[2]) des Motors für kleinste Verluste beim Anlauf führten dann auch zu dem gewünschten Ziel. So wurden für das 3- bis 4 kW-Modell eines Käfigläufermotors bis zu 1000 Umschaltungen im Leerlauf erreicht, eine Zahl, die mit kleiner werdenden Motormodellen wesentlich größer eingesetzt wer-

[1]) Brockhaus, Anlaufverhältnisse von Käfigläufermotoren. Elektr. i. Bergbau 12 (1937) S. 65.

[2]) Schlotmann, Die Auswahl von Drehstrommotoren für Industrieantriebe unter besonderer Berücksichtigung des Kurzschlußläufermotors. ETZ 59 (1938) S. 49.

den kann, weil hier die Abkühlungsverhältnisse günstiger liegen und mit kleinen Schwungmomenten zu rechnen ist. Für ein 0,2 kW-Modell erhielt man unter Ausnutzung aller Möglichkeiten eine Umschalthäufigkeit von 7000 je h. Eine Steigerung in diesem Sinne erscheint in absehbarer Zeit kaum möglich und auch nicht erforderlich.

Für das Drehzahlverhalten im Betrieb ist es bemerkenswert, daß man sich für die Drehzahlregelung ebenfalls die außerordentlichen Vorzüge des Käfigläufermotors zunutze machte. Praktisch ausgeführt für zwei, drei und vier Drehzahlstufen, die ohne Zusatzverluste eingestellt werden konnten (verlustlose Regelung), hat der polumschaltbare Käfigläufer in der Werkzeugmaschinen- und in der Hebezeugindustrie und für Antriebe von Lüftern und Pumpen seine wirtschaftlichen Vorzüge seit langem bewiesen. Für höchste Regelansprüche hat dann der Drehstrom-Kommutator-Motor, der je nach Verwendungszweck als Nebenschluß- und als Reihenschlußmotor eingesetzt wird, gerade in den letzten Jahren einen außerordentlichen Auftrieb erhalten. Die Erfüllung selbst höchster Ansprüche, wie z. B. die Gleichstrom- oder gar Gegenstrombremsung, läßt die absolute Eignung auch für schwierigste Antriebsverhältnisse erkennen. In der Ausführung als voll regelbarer Motor (praktisch bis zum Stillstand) konnte aber der Drehstrom-Nebenschlußmotor bereits vielfach erfolgreich mit dem hochwertigsten Regelantrieb, dem Gleichstrom-Leonard-Antrieb, in Wettbewerb treten.

Die Gesichtspunkte für die Bemessung des Elektromotors bei Dauerbetrieb, Aussetz- und Kurzzeitbetrieb sind heute längst bekannt[3]). Es erscheint aber wichtig, in diesem Zusammenhang zwei Faktoren zu erwähnen, die im allgemeinen wenig beachtet werden. Das ist die Benutzungsdauer (Industriemotoren arbeiten z. B. bis zu 8700 Betriebsstunden jährlich, Landwirtschaftsmotoren nur etwa 300 Std.) und die Lebensdauer (Anpassung an die Lebensdauer der Arbeitsmaschine). Die restlose Ausnutzung derartiger Erkenntnisse erfordert jedoch für den Elektromotor noch Entwicklungsarbeit, die im wesentlichen auf dem Gebiet der Isolationstechnik liegt (Vermeiden von Alterungserscheinungen, höhere Wärmebeständigkeit, bessere Wärmeleitfähigkeit usw.). In der bevorzugten Verwendung von Motoren mit hitzebeständiger Wicklung (Durignitisolation) in der Hebezeugindustrie, bei starken Überlastungen, in Räumen mit erhöhter Raumtemperatur usw., ist die Entwicklung in dieser Richtung schon heute zu erkennen.

Die vielseitigen mechanischen Ausführungen des Elektromotors (An- und Einbauformen, Schutzarten usw.) lassen schließlich besonders augenfällig die geleistete Entwicklungsarbeit erkennen.

Durch engste Zusammenarbeit von Elektroingenieur, Maschinenbauer und Betriebsingenieur wurde so in den vergangenen Jahrzehnten die technische Möglichkeit mit dem Bedürfnis der Praxis abgeglichen und der Elektromotor zur wirtschaftlichsten Antriebsform entwickelt.

Schalt- und Steuergeräte.

Es ist von besonderem Interesse, einmal parallel zu den bisherigen Ausführungen die Entwicklung des Schalters zu betrachten. Man wird hier in vielen Fällen ähnlichen Gedankengängen begegnen, da die gleichen betrieblichen Bedingungen zu erfüllen sind, so z. B. Schalthäufigkeit, Betriebsart, Ausführungsform u. a. m. Darüber hinaus sind aber die Netzverhältnisse zu beachten, z. B. im Hinblick auf die vom Schaltgerät zu bewältigende Kurzschlußleistung.

Die grundsätzlichen Forderungen für den Aufbau eines neuzeitlichen Schaltgerätes sind:

1. Einwandfreie Beherrschung des Einschaltstromes.
2. Sicherer und unveränderter Stromübergang im Dauerbetrieb.
3. Aufnahme der Kurzschlußkräfte.
4. Löschen des Lichtbogens.

Aus der geleisteten Entwicklungsarbeit seien nur drei bemerkenswerte Punkte erwähnt[4]):

1. Der Übergang zum Klotzkontakt bei neuzeitlichen Selbstschaltern führte zu einer Vereinigung der bis dahin verwendeten drei Kontakte (Vorkontakt, Hauptkontakt, Lichtbogenkontakt) und brachte damit eine nicht unwesentliche Vereinfachung des Aufbaus bei gleichzeitiger Verbesserung der Schaltleistung.
2. Die Düsenkammer brachte einen wesentlichen Fortschritt hinsichtlich der Lichtbogenlöschung.
3. Der Übergang zu kurzhebligen Kontakten mit geringer Masse bei gleichzeitiger Wälzschiebebewegung unterdrückte z. B. für das Ölschütz weitgehend Prellerscheinungen und erhöhte durch wesentliche Verringerung des Kontaktabbrandes die Lebensdauer.

Abb. 1. Diskusschleifmaschine mit eingebauten Luftschützen und angebauten Befehlsschaltern.

Aus betrieblichen und wirtschaftlichen Gründen wurde eine Gliederung[5]) der Schalt- und Steuergeräte vorgenommen:

1. Schaltgeräte für Dauereinschaltung mit gelegentlich mehreren Schaltungen hintereinander.
2. Schalt- und Steuergeräte für häufiges Ein- und Ausschalten
   a) für eine Schalthäufigkeit von 30 bis 600 Schaltungen je h bei gleichzeitiger Dauereinschaltung,
   b) für eine Schalthäufigkeit über 600 Schaltungen je h.

Die Einbeziehung der Lebensdauer für Schalt- und Steuergeräte erscheint als Bewertungsmaßstab darüber hinaus unbedingt erforderlich. Während für normalen Dauerbetrieb eine Lebensdauer von 10 bis 50 000 Schaltungen ohne weiteres genügt, wurden Sonderausführungen geschaffen mit einer Lebensdauer, die bis zu 1000mal mehr Schaltungen zuläßt, wobei die Schalter, insbesondere bei Walzwerkshilfsantrieben bis etwa 3000 Schaltungen je h beansprucht werden.

---

[3]) Gewecke, Kurzzeitleistung oder Aussetzleistung. Fördertechn. 26 (1932) S. 289.

[4]) Müller-Hillebrand, Aus der neueren Entwicklung von Schaltgeräten für Niederspannungsanlagen. Siemens-Z. 17 (1937) S. 505. A. Müller, Neuzeitliche Schaltgeräte für hohe Nennströme, Siemens-Z. 14 (1934) S. 73.

[5]) Weiler, Gliederung der Schalt- und Steuergeräte. ETZ 58 (1937) S. 345.

Eine weitere Aufgabe neuzeitlicher Schaltgeräte besteht darin, Elektromotor und Arbeitsmaschine vor Schäden zu schützen, die sich aus Änderungen der Spannung bzw. des Stromes ergeben können. Entsprechende Einrichtungen für Selbstschalter und Schütze, wie Nullspannungsspule und Bimetallrelais, sind schon seit Jahren bekannt und haben sich auch für die kleinsten Antriebe eingeführt. Hinsichtlich der Anpassung des Motorschutzes an Sonderaufgaben ist bemerkenswert z. B. die Erfüllung der Bedingungen des Schweranlaufs. Neben der Überbrückung des Bimetallrelais während des Hochlaufens durch Schaffung einer Zwischenstellung im Schaltgerät hat der Sättigungswandler, der mit einer Verzerrung des Sekundärstromes arbeitet, es ermöglicht, Anlaufzeiten von 30 bis 40 s zu erreichen.

Die mechanische Ausführung des Schalt- und Steuergerätes zeigt augenfällig eine dem Elektromotor ähnliche Entwicklung. Die Wanderung der Schalt- und Steuergeräte mit dem Motor zur Arbeitsmaschine tritt deutlich zutage bei einer Betrachtung der verschiedenen An- und Einbauformen. Die Lösung dieser Aufgabe war für das Schaltgerät noch dringender als für den Motor, da es z. B. in der Werkzeugmaschinenindustrie in erster Linie auf eine zweckentsprechende Anordnung der Schaltgeräte ankommt, die geringste Verluste an Griffzeiten mit sich bringt. Neben der einfachen Anbaumöglichkeit des normalen Schalters wurden hier insbesondere für die Steuerschalter von Schützen viele Einbauformen geschaffen. Es sei in diesem Zusammenhang hingewiesen auf den Einbaudruckknopf, den Einbauschwenktaster und insbesondere den Einhebelsteuerschalter, der für die Steuerung von polumschaltbaren Motoren Bedeutung erlangt hat. Die für derartige Steuerungen erforderlichen Schütze werden dann in offener Ausführung vielfach ohne jegliche Abdeckung ebenfalls in den Grundrahmen der Werkzeugmaschine eingebaut (Abb. 1). Einbauformen finden wir in der Werkzeugmaschinenindustrie auch für einfache Schalter, so für Walzenschalter, die für Drehrichtungsumkehr und auch als Polumschalter Verwendung finden.

Eine bemerkenswerte Entwicklung ist auch in der räumlichen Zuordnung von Motor und Schaltgerät festzustellen. Mit der Ausweitung der Fabrikationsstätten zu Großbetrieben bestand die Notwendigkeit, bestimmte Gruppen von Arbeitsmaschinen zusammenzufassen. Die hierzu erforderlichen Schalt- und Steuereinrichtungen wurden weitgehend in Verteilungsanlagen zusammengefaßt, wie sie heute vorwiegend in gußgekapselter Ausführung (Schutzart P 44) auf breitester Grundlage verwendet werden. Der Steuerschalter wandert dann mit dem Motor zur Arbeitsmaschine hin. Parallel hierzu war es aber notwendig, insbesondere bei ortsbeweglichen Antrieben, Elektromotor und Schaltgerät zusammenzubauen. Das führte zum Anbau von Druckknopfschaltern, von Anlassern usw. Aus den zahllosen Beispielen sei hier nur der ortsbewegliche Motor mit angebautem Stern-Dreieck-Schalter und Kraftsteckdose genannt, wie er in der Landwirtschaft bevorzugt gebraucht wird.

Steuerungen.

Es erscheint zweckmäßig, abschließend noch kurz die verschiedenen Steuerungsmöglichkeiten für elektromotorische Antriebe zu betrachten. Hierfür bietet das Schütz besondere Vorteile, da es einerseits für hohe Schalthäufigkeit geeignet ist, und da anderseits die Impulsgabe für das Ein- und Ausschalten durch Schließen bzw. Öffnen des Steuerstromkreises besonders einfach ist. Durch diesen Aufbau war es möglich, beliebige Folge- und Verriegelungsschaltungen zu schaffen, die ein selbsttätiges Ein- und Ausschalten einer Reihe von Schützen in einer vorgeschriebenen Reihenfolge zulassen. Diese Eigenschaften führten in der neuesten Entwicklung zu einer zentralen Zusammenfassung der gesamten Steuerung in der Leuchtwarte, die sinnbildlich den gesamten Fabrikationsprozeß wiedergibt.

Die 150 kV-Kabel Haag—Rotterdam und ihre Prüfung.

Von E. Kirch VDE, Berlin.

DK 621.315.211.3.027.3.001.4

G. J. T. Bakker hat in einer eingehenden Abhandlung[1]) die Gründe angegeben, die das Elektrizitätswerk Den Haag bestimmten, für die der Stromversorgung der holländischen Hauptstadt dienende Übertragungsanlage Kabel zu wählen. Weiterhin ist dort über umfangreiche und überaus gründliche Vorarbeiten und Dauerversuche des holländischen Prüfamtes, der KEMA (Arnhem), berichtet, die der Entscheidung hinsichtlich des Kabeltyps vorausgingen. Wir können uns deshalb hier auf die Mitteilung beschränken, daß man sich nach einem technisch und wirtschaftlich sehr kritisch durchgeführten Vergleich zwischen Ölkabeln, Massekabeln, Druckkabeln und zwei verschiedenen Typen von druckgasgefüllten Kabeln endgültig für das von der AEG zur Prüfung gestellte Ölkabel (Abb. 1) in der bekannten von Emanueli angegebenen Ausführung entschied.

K45802a

Abb. 1. 150 kV-Einleiter-Ölkabel 1 × 240 mm².

Wie in dem erwähnten Bericht mitgeteilt wird, hatte die Kema Prüfbedingungen ausgearbeitet, denen ein für die Anlage in Frage kommendes Kabel unabhängig von dem zu wählenden Typ genügen mußte. Es soll nun an Hand der bei der Untersuchung der gelieferten Kabel gesammelten Erfahrungen nachgeprüft werden, in welcher Hinsicht bei Wahl von Ölkabeln eine Ergänzung bzw. Änderung solcher Vorschriften zweckmäßig ist.

Die Messung des elektrischen Widerstandes wurde in der üblichen Weise mit Gleichstrom durchgeführt. Wir glauben, daß hierbei der Zweck der Prüfung — die Kontrolle des Querschnitts — ausreichend erfüllt wird.

Die Isolationsmessung — mit Gleichspannung von einigen hundert Volt vorgenommen — zeigte die auf Grund der weitgehenden Reinigung des Öles und Papieres erwarteten hohen Absolutwerte des Isolationswiderstandes.

[1]) ETZ 60 (1939) H. 8, S. 209.

Seine Schwankungen hielten sich ebenfalls innerhalb angemessener Grenzen. Eine Fälschung der Messung auf Grund von Restladungen ist zu erwarten, wenn sie verhältnismäßig kurze Zeit nach der Spannungsprüfung durchgeführt wird. Bekanntlich ist der Isolationswiderstand keineswegs ein eindeutiges Maß, sondern nur Anhaltspunkt für die Güte eines Kabels. Vorschriften für seine Höhe waren deshalb auch nicht gegeben. Es sei darum dieser Punkt mit den obigen grundsätzlichen Bemerkungen abgeschlossen.

Die Spannungsprüfung wurde, ohne daß irgendwelche Schwierigkeiten aufgetreten wären, den Bedingungen gemäß mit dem 2½fachen der Phasenspannung, also mit etwa 220 kV, gegen Erde durchgeführt. Es ist dies das gleiche Vielfache, das man allgemein bei Einleiter-Massekabeln wählt. Da jedoch Ölkabel bei gegebener Spannung erfahrungsgemäß erheblich schwächer als jene isoliert werden können, ergibt sich für Ölkabel bei gleicher Prüfspannung eine weitaus größere dielektrische Beanspruchung. Während beispielsweise bei der Spannungsprüfung der Maximalgradient in Massekabeln nur etwa 10 kV/mm beträgt, erreicht er in Ölkabeln Werte von 20 kV/mm und mehr. Hält man sich diese Tatsache vor Augen, so liegt die Frage nahe, ob man durch die Anwendung der gleichen Prüfspannung Ölkabel während der Prüfung nicht übermäßig beansprucht. Wir haben zu dieser Frage eingehende theoretische Betrachtungen angestellt, weiterhin die vielen dielektrischen Messungen, auf die wir später noch genauer zurückkommen werden, auf Feinheiten hin gesichtet und sind hierbei zu dem Schluß gekommen, daß selbst bei dem vorliegenden günstigen Typ mit aus Flachdrähten bestehendem Leiter (glatte Leiteroberfläche) und der durch die Dimensionierung der Isolation mit 18 mm gegebenen Beanspruchung diese Prüfspannung hart an der Grenze des Zulässigen steht. Dies wird verständlich, wenn man sich vergegenwärtigt, daß die Ölschichten wegen ihrer geringeren Dielektrizitätskonstante erheblich höher beansprucht werden als die Papierschichten. Bei dem Verhältnis der Dielektrizitätskonstante des imprägnierten Papiers zu der des dünnflüssigen Öles ist eine Erhöhung um etwa 70 %, bei einer Prüfbeanspruchung von etwa 20 kV/mm in den ersten Papierlagen also eine Beanspruchung in der Ölschicht zwischen Leiter und Papier von etwa 34 kV/mm, d. h. 340 kV/cm, zu erwarten. Vergleicht man diese Zahl mit der bei größeren Abständen in bestgereinigtem und entlüftetem Öl erreichbaren Durchschlagsfestigkeit, so muß man feststellen, daß man, obwohl dünnere Schichten an sich durchschlagsfester sind, wegen anderer die Durchschlagsfestigkeit herabsetzender Umstände hart an der Grenze der Durchschlagsfestigkeit des Öles, d. h. der einen Aufbaukomponente des Dielektrikums, liegt. Unseres Erachtens verfehlt eine Prüfung jedoch ihren Zweck, ja sie kann u. U. Unheil anrichten, wenn eine Überbeanspruchung des Prüflings bewirkt wird. Da außerdem eine Beanspruchung dieser Art niemals im späteren Betrieb auftreten kann, vermag eine solche Prüfung, wie leicht einzusehen, noch nicht einmal viel bezüglich der Betriebstüchtigkeit des Kabels auszusagen insofern, als die im praktischen Betrieb zu erwartenden Überspannungen eine Beanspruchung mit höherer Periodenzahl, Mittel- oder Hochfrequenz bei Thomson-Schwingungen oder in der Stirn von Wanderwellen, bedeuten.

Aus den oben erwähnten Gründen haben wir bereits vor Jahren gelegentlich einer Tagung der CIGRE[2]) zu einer Verminderung der Prüfspannung bei Ölkabeln geraten. Wir sind jedoch der Meinung, daß man — so absonderlich es klingen mag — auch bei Wechselstromkabeln später einmal die Spannungsprüfung in der Fabrik nicht mit Wechsel-, sondern mit Gleichspannung durchführen wird. Diese Prüfung schließt man zweckmäßig durch eine oder mehrere gedämpfte periodische Entladungen des Prüflings ab. Die Begründung wurde bei gleicher Gelegenheit gegeben: Man kann auf diese Weise, ohne eine Beschädigung befürchten zu müssen, höhere Spannungen anwenden und erfüllt somit voraussichtlich den letzten und tiefsten Sinn der Spannungsprüfung, örtliche fabrikatorische Mängel bzw. Beschädigungen herauszufinden, weit besser. Der Fall lag in früheren Jahren unstreitig anders insofern, als die Wechselspannungsprüfung früher bei den für Wechselspannung bestimmten Kabeln gleichzeitig eine Prüfung auf dielektrische Güte darstellte. Diese Aufgabe übernimmt jedoch heute bei Hochspannungskabeln die Verlustmessung bzw. ein weiter unten behandeltes Prüfverfahren.

Abb. 2. Ölkabel für 150 kV, mit für die Prüfung und Verlustmessung vorbereiteten Kabelenden.

Die dielektrischen Verluste der 150 kV-Kabel wurden vorschriftsmäßig bis etwa 225 kV gemessen. Es war in dem Lastenheft zunächst vorgesehen, nur einen bestimmten Prozentsatz auf dielektrische Verluste zu prüfen. Wir haben jedoch im Interesse des Abnehmers sowie im eigenen Interesse vorgeschlagen, diese Messungen auf sämtliche Fabrikationslängen auszudehnen, da bei Kabeln so hoher Spannung ohnehin nicht die Durchführung der Messung, sondern die Vorbereitung der Kabelenden für die Spannungsprobe (siehe Abb. 2) die längste Zeit in Anspruch nimmt. Diese Arbeit nicht gleichzeitig für die wichtigere Untersuchung auf dielektrische Verluste auszunutzen, wäre verfehlt gewesen.

Die Verlustcharakteristiken aller Kabel waren im hohen Maß übereinstimmend und zeigten somit besser noch als der gute Ausfall der anderen Prüfungen die hohe Gleichmäßigkeit und Güte des Fabrikates an. Der bei etwa 40 kV gemessene Grundwert des Fehlwinkels liegt je nach der Temperatur zwischen etwa 3 und 4×10^{-3}. Bei einer Steigerung der Spannung bis etwa 170 kV tritt eine Änderung dieses Wertes um etwa 4 bis $5 \cdot 10^{-4}$ ein und von hier ab ein etwas steilerer Zuwachs, der im Mittel etwa 4 bis $5 \cdot 10^{-4}$ bei der Fortführung der Messung bis 225 kV beträgt. Mit der Tatsache, daß von einer Spannung ab, die wenig höher als das Doppelte der betriebsmäßigen Spannung (Phasenspannung) liegt, der Anstieg der Verlustkurve steiler wird, sowie aus genauer Beobachtung der Änderungen, die hier die Kapazität durchmacht, begründen wir unseren obigen Vorschlag der

[2]) E. Kirch, Diskussion zu Bericht 229 der CIGRE, Paris 1937.

Senkung der Prüfspannung. Die Absolutwerte sowie der Anstieg des Fehlwinkels im erwähnten unteren und oberen Bereich lagen weit günstiger als die durch das Lastenheft zugelassenen Werte. Es ist jedoch zweckmäßig, wie es in den Vorschriften geschehen ist, einen größeren Spielraum zwischen den tatsächlich erreichten Werten und den Garantiewerten zu belassen, da bei dem ölimprägnierten Papier ein mehr oder minder großer Anstieg vorliegen kann, ohne daß dieser Anstieg im Gegensatz zu Massekabeln auf Ionisation zurückzuführen ist, ja dies ist sogar nötig, um die Hochzüchtung einer Eigenschaft auf Kosten anderer für die Betriebssicherheit wichtigerer Eigenschaften zu vermeiden.

Abb. 3. Stoßgenerator für 1200 kV.

An einem gewissen Prozentsatz aller Lieferlängen wurde in Analogie zu den holländischen Vorschriften für Massekabel eine Verlustmessung bei Raumtemperatur, bei 60 ° C und nach Wiederabkühlung vorgenommen. Die Resultate vermochten nur die Tatsache zu bestätigen, daß bei 60 ° die Verluste niedriger liegen als bei 20 °, was ja bei den obengenannten Voraussetzungen — bestgereinigte Werkstoffe, gekennzeichnet durch den hohen Isolationswiderstand — nicht anders zu erwarten war. Weiterhin trat nach Abkühlung keinerlei Ionisation auf, was man ebenfalls — richtige Bemessung der Kanäle vorausgesetzt — bei einem Ölkabel nur als Selbstverständlichkeit bezeichnen kann. Aus den genannten Gründen können also solche Versuche bei Ölkabeln in Zukunft entfallen bzw. auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

Abb. 4. Anordnung für Dauer- und Stoßprüfungen an 150 kV-Ölkabeln, Muffen und Endverschlüssen.

An dieser Stelle sei mitgeteilt, daß die AEG, ohne daß dies durch das Lastenheft vorgeschrieben war, an allen Fabrikationslängen sogenannte Füllproben ausgeführt hat. Wir erwähnen diese Tatsache hier, weil die Füllprobe in einem äußerst engen Zusammenhang mit dem auf Hohlräume zurückzuführenden Glimmanteil der Verluste steht. Die Füllprobe[3]) beruht auf der Vorstellung, daß das Kabel, wenn Luft darin verbleibt, wegen der Zusammendrückbarkeit der Luft auf eine Druckänderung reagieren muß — beispielsweise auf eine Drucksteigerung durch Aufnahme einer von der Luftmenge abhängigen zusätzlichen Ölmenge —. Man hat weiterhin im Schrifttum vermerkt, daß diese Füllmessung eine Trübung durch die Elastizität des Bleimantels erfährt.

Neu ist der von uns rechnerisch gelieferte Beweis, daß die an richtig behandelten Kabeln ermittelten Werte für die „Füllprobe", diese Kabel als ideal imprägniert kennzeichnen. Die Richtigkeit unserer Überlegungen wurde durch die vielen Messungen an den 150 kV-Kabeln erneut bestätigt.

Durch seine quantitative Deutung als Grenzwert, der nur die Ölkompressibilität und Bleimantelelastizität beziffert, wird der Füllversuch in die erste Reihe der Messungen zur Gütebestimmung von Hochspannungs-Ölkabeln gerückt[4]). In einem gesonderten Aufsatz soll hierüber ausführlich berichtet werden. Vorweg sei hier nur bemerkt, daß man mit dem Füllversuch in der Lage ist, den Grad der Hohlraumfreiheit genauer als mit den empfindlichsten dielektrischen Verfahren zu bestimmen. So kann man beispielsweise noch Gasreste von der Größenordnung 10^{-5} des Ölinhaltes erkennen.

Weiterhin wurde gemäß dem Lastenheft an einer größeren Anzahl von Kabelstücken eine Biegeprobe in der in Holland üblichen Weise über einen Dorn vom Zwanzigfachen des Kabeldurchmessers durchgeführt. Die im Anschluß hieran vorgenommene Demontage des Kabels und Abwicklung der Isolation zeigte, daß das Kabel keine sichtbare Veränderung erlitten hatte und durchweg sämtliche Isolierpapiere, für die Längs- und Querrisse in gewisser Anzahl und Größe zugelassen waren, unversehrt waren. Die elektrische Prüfung konnte also, da bei einem Ölkabel eine etwaige kleine Erweiterung im Gegensatz zum Massekabel nicht zur Hohlraumbildung führt, nur das bereits auf Grund der augenscheinlichen Untersuchung zu erwartende Ergebnis bestätigen.

Schließlich hatte das Lastenheft noch vorgeschrieben, eine Reihe von Versuchen mit höherer Spannung normaler Frequenz während längerer Dauer an einzelnen kurzen Kabelstücken auszuführen, um einen gewissen Einblick zu gewinnen, in welchem Maß das Kabel und die Garnituren solchen Beanspruchungen gewachsen sind. Kabel und Garnituren

[3]) Emanueli, Sonderdruck 1928 „The 132 000 Volt Cable Lines in New York and Chicago".

[4]) Siehe hierzu auch E. Kirch, Diskussion zum Vortrag Vogel, ETZ 53 (1932) S. 187.

sollten außerdem auf ihre Stoßspannungsfestigkeit untersucht werden (Abb. 3). Um mit einem möglichst geringen Aufwand auszukommen, denn die Ausführung eines jeden solcher Versuche erfordert sehr umfangreiche, zeitraubende und teure Montagearbeiten (s. Abb. 4), schlugen wir vor, obwohl dies eine wesentliche Verschärfung der Prüfungen bedeutete, alle beabsichtigten Prüfungen nacheinander an den gleichen, durch Muffen gekoppelten, bereits der Biegeprobe unterworfenen Stücken vorzunehmen und sich nach Durchführung jedes Versuchs durch eine Verlustmessung erneut davon zu überzeugen, ob das Kabel und die Garnituren noch nicht notgelitten hätten, also Aussicht bestand, daß es auch die folgende Prüfung ertragen würde. Die Versuche wurden in folgender Reihenfolge durchgeführt:

Verlustmessung, an den Kabeln bzw. Muffen gesondert;
700 kV Stoßprüfung mit positiver und negativer Polarität (je 20 Stöße);
Verlustmessung, an den Kabeln bzw. Muffen gesondert;
Prüfung mit 260 kV während 100 h;
Verlustmessung, an den Kabeln bzw. Muffen gesondert;
Prüfung mit 300 kV während 40 h;
Verlustmessung, an den Kabeln und Muffen gesondert;
Prüfung mit 350 kV während etwa 10 min (eine nach der Biegeprobe vorgeschriebene Prüfung).

Kennzeichnend für die Güte war die Tatsache, daß alle Verlustmessungen praktisch mit der vor dem Versuch ausgeführten Verlustmessung übereinstimmten. Erst bei dem letztausgeführten Versuch trat, und zwar nicht im Kabel, sondern innerhalb eines der beiden Endverschlüsse, ein Fehler auf. Die Demontage, die gemeinsam mit der KEMA vorgenommen wurde, legte die Vermutung nahe, daß bereits bei dem Vierzigstundenversuch mit 300 kV schwache, durch die Brückenmessung noch nicht erfaßte Änderungen durch die großen tangentialen und radialen Beanspruchungen hervorgerufen worden waren, die den Innenüberschlag bei 350 kV begünstigten.

Abb. 5. Hochspannungs-Prüfgleichrichter für 500 kV.

Während u. E. die Stoßprüfung für die Praxis wertvolle Aufschlüsse über Kabel und Zubehör zu geben vermag, kommt den Dauerprüfungen mit erhöhter Spannung und Normalfrequenz bei Ölkabeln nicht die gleiche Bedeutung wie bei Massekabeln zu. Auch hierüber soll später ausführlich berichtet werden.

Nach der Verlegung wurden die einzelnen Kabel bedingungsgemäß mit einer Gleichspannung von 340 kV, die durch einen Röhrengleichrichter in einer Vervielfachungsschaltung (Abb. 5) erzeugt wurde, während der Dauer von jeweils 15 min geprüft. Mit der vorgeschriebenen Prüfung haben wir eine Messung des Isolationswiderstandes verbunden, die bei allen Phasen hohe Absolutwerte sowie eine große Gleichmäßigkeit ergab. Der aus Spannung und Strom errechnete Isolationswiderstand wurde durch die Abklingzeit nach Abschalten des Gleichrichters bestätigt.

Es steht außerhalb jeden Zweifels, daß durch die von der KEMA an dem Versuchsstück in Arnhem vorgenommenen Dauerversuche sowie weiterhin durch die umfangreichen Prüfungen und Messungen in der Fabrik und nach der Verlegung, die entsprechend der Bedeutung und dem Umfang der Kabellieferung mit größter Sorgfalt und höchst kritisch durchgeführt wurden, rein versuchsmäßig der Beweis dafür geliefert wurde, daß das Ölkabel, das nun seit mehr als zehn Jahren im praktischen Betrieb seine Zuverlässigkeit erwiesen hat, die gleiche Zuverlässigkeit auch unter erheblich härteren Betriebsbedingungen zeigen wird.

Elektrische Antriebe für Haushalt-Kältemaschinen.

Von Rudolf Hintze, Berlin.

DK 621.34 : 621.565.92

Der neuzeitliche Haushalt-Kühlschrank steht heute vielfach im Mittelpunkt des Interesses, da er als letztes Glied der vom Erzeuger über den Groß- und Kleinhändler in den Einzelhaushalt führenden Kühlkette die Aufgabe hat, große Mengen von Nahrungsmitteln im Sinne des Vierjahresplanes vor dem Verderben zu schützen. Die heißen Länder hat der elektrische Kühlschrank bereits vor Jahren erobert. In unserem gemäßigten Klima ging die Einführung langsamer vor sich, doch ist der Gedanke des elektrischen Kühlens heute schon soweit Allgemeingut geworden, daß es sich lohnt, dieses Haushaltgerät einmal mit den Augen des Elektrikers zu betrachten.

Drei Kühlsysteme haben sich im Haushalt durchgesetzt: das Kompressionssystem mit elektromotorischem Antrieb, das periodische Absorptionssystem mit elektrischer Beheizung und das vorwiegend gasbeheizte kontinuierliche Absorptionssystem.

Da im vorliegenden Aufsatz besonders die elektrischen Antriebe an Haushalt-Kältemaschinen interessieren, wird hier nur das elektromotorisch betriebene Kompressionssystem behandelt, welches eine Fülle interessanter Antriebs- und Regelaufgaben stellt. Seinen Namen erhielt das Kompressionssystem von dem Kompressor, der das in einem geschlossenen Rohrsystem befindliche Kältemittel im Inneren des Kühlraumes durch Herabsetzen des Druckes zum Verdampfen bringt und an einer anderen außenliegenden Stelle des Rohrsystems bei erhöhtem Druck wieder verflüssigt, wonach es über ein selbsttätiges Regelventil wieder dem Verdampfer zu neuer Kühlarbeit zufließt.

Für den Antrieb dieses Kompressors wird ein Elektromotor verwendet, der früher allgemein als normaler, außenliegender Motor arbeitete und bei Wechselstrombetrieb heute in steigendem Maße gleich in das Kühlsystem eingebaut wird. An und für sich sollte ein elektromotorischer Antrieb heutzutage kein Problem mehr sein, doch sind die an diese Antriebe gestellten besonderen Ansprüche so mannigfaltig, daß für die Haushalt-Kühlschränke besondere Motoren, Schalt- und Schutzgeräte entwickelt werden mußten.

Eigenschaften der Kühlschrankmotoren.

Etwa 30- bis 50mal innerhalb 24 Stunden muß die Kühlmaschine in Tätigkeit gesetzt werden, um bei der verschieden starken Beanspruchung des Kühlschrankes in den verschiedenen Jahreszeiten eine ständig gleichmäßige Innentemperatur von + 6 ° aufrecht erhalten zu können. Im Gegensatz zu den Großkältemaschinen wird nämlich die Anpassung der Kühlmaschinenleistung an den Kühlbedarf nicht durch Leistungsänderung des Kompressors bewirkt, sondern durch Ein- und Ausschalten der ständig mit annähernd gleichbleibender Leistung arbeitenden kleinen Kühlmaschine in Abhängigkeit von einem Temperaturschalter, welcher durch die Kühlraumtemperatur beeinflußt wird.

Bei jedem Einschalten muß also der Elektromotor den Kompressor in Betrieb nehmen, und zwar in den meisten Fällen gegen einen beträchtlichen Verflüssigerdruck. Der Motor muß somit gegen Last anlaufen, was bei Einphasenmotoren nicht so ganz einfach ist, da diese wegen der im Kühlschrankbetrieb erforderlichen hohen Geräuschlosigkeit kommutatorlos ausgeführt werden müssen. Mit der Geräuschfreiheit ist die zweite Forderung gestellt, die verständlich ist, wenn man bedenkt, daß der Kompressormotor ja zu jeder Tages- und Nachtzeit arbeiten muß, wenn der Temperaturregler ihm das Kommando dazu erteilt.

Hohes Anlaufmoment und geräuscharmes Arbeiten.

Um kommutatorlos arbeitende Einphasenmotoren mit einem hohen Anlaufdrehmoment ausführen zu können, das bei den riemengetriebenen Kompressoren in vielen Fällen das 3- bis 5fache des Nenndrehmomentes beträgt, müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden, wenn nicht überbemessene und damit unwirtschaftliche Motoren verwendet werden sollen. Das Anlaufdrehmoment des Einphasenmotors, das nur wenig mehr als das Nenndrehmoment beträgt, muß also durch besondere Maßnahmen erhöht werden. Zum Teil läßt man diese Motoren als Repulsions-Induktionsmotoren arbeiten und schließt einen nur während des Anlaufvorganges wirksamen Kommutator und die Bürsten mittels eines Fliehkraftschalters nach erfolgtem Anlauf kurz; oft werden gleichzeitig zur Vermeidung von Geräuschbildung die Bürsten vom Kommutator abgehoben, worauf der Motor als reiner Induktionsmotor weiter arbeitet.

In dem Bestreben nach Vereinfachung der Kühlschrankmotoren wandte sich das Interesse dann wieder mehr den Kondensatormotoren zu, bei denen die zum Erzeugen eines Anlaufdrehmomentes erforderliche Phasenverschiebung durch einen Kondensator hervorgerufen wird, welcher entweder mit dem Motor zusammengebaut oder an einer besonderen Stelle des Kühlschrankes untergebracht ist. Der einfachste Weg ist, der Hilfsphase einen ständig eingeschalteten Kondensator zuzuordnen. Die den Anlauf bewirkende Phasenverschiebung kann dann auch zur Verbesserung des Motorwirkungsgrades verwendet werden. Leider sind jedoch die Anforderungen an den Anlauf- und an den Betriebskondensator verschieden, so daß es zur Erreichung eines hohen Anlaufdrehmomentes bei einem günstigsten $\cos \varphi$ notwendig ist, mittels eines Schalters nach dem Anlauf einen Teil des Kondensators abzuschalten.

Die vorbeschriebenen Einphasenmotoren sind außer in Kühlschränken auch in Waschmaschinen, Bügelmaschinen und anderen Haushaltgeräten eingebaut worden, bei denen auf eine ruhige Arbeitsweise Wert gelegt wird. Da sie außerdem im einschlägigen Schrifttum bereits eingehend beschrieben wurden, kann mit der vorhergehenden kurzen Erwähnung dieses Kapitel abgeschlossen werden.

Sonder-Einbaumotoren.

Der Wunsch zur weiteren Vereinfachung und Verbilligung der Kühlschrankantriebe führte nun zu einer ausgesprochenen Sonderkonstruktion, welche einer engen Zusammenarbeit zwischen dem Konstrukteur des Kühlschrankes und dem Konstrukteur der Motoren entstammt. Der Kühlschrankkonstrukteur wollte ein den bislang gebräuchlichen Kühlmaschinen eigenes, recht unsicheres Maschinenteil, die Stopfbüchse, vermeiden, welche die Kompressorantriebswelle gasdicht abschließen muß.

Die Abdichtungsschwierigkeiten wurden immer größer, weil im Zuge der Verbilligung die Drehzahl immer mehr stieg. Das veranlaßte den Kühlschrankkonstrukteur, den Motor des Kompressors in das Innere des Systems einzubauen. Die Zuführung der Energie in das Kühlsysteminnere erfolgt statt durch die Schleifringstopfbüchse, die zwei sich gegeneinander bewegende Flächen abzudichten hat, lediglich durch drei elektrische Leitungen. Die Abdichtung dieser Leitungen war infolge der geforderten absoluten Gasdichtigkeit zwar auch keine einfache Aufgabe, doch waren die Schwierigkeiten immerhin nur ein Bruchteil der durch die bislang verwendeten Wellenstopfbüchsen verursachten. Auch die Notwendigkeit eines besonderen Schutzes der Wicklungsisolation des in das Kühlsystem eingebauten Motors ergab noch manche Schwierigkeit. Die Anstrengungen wurden aber belohnt durch die mit dem sorgfältigen Einbau des Motors sich ergebende außerordentlich große Zuverlässigkeit der Kühlmaschinen.

War bei den eingangs beschriebenen, zumindest in mechanischer Hinsicht normalen Motoren der traditionelle Aufbau eines Elektromotors mit Gehäuse, Ständerpaket mit Wicklung, Läufer und beiderseitigen Lagerschilden gewahrt, so konnte der ins Kühlsystem eingebaute Motor als Einbaumotor mit dem Kompressor auf einer gemeinsamen Welle derart einfach und organisch zusammengebaut werden, daß sich die gesamte Motorlagerung und die Läuferwelle einsparen ließen. Aus Abb. 1 a und b, die Beispiele aus den Kühlschränken der Siemens-Schuckertwerke zeigen, ist dieser Zusammenbau ersichtlich: Die gemeinsame Motor-Exzenterwelle treibt an der einen Seite den mit Motordrehzahl arbeitenden kleinen Kompressor durch den an der entgegengesetzten Seite der Welle aufgepreßten Kurzschlußläufer. Der Motor hat drei Zuleitungen, welche durch die Wandung der gasdichten Kompressorkapsel elektrisch isoliert und gasdicht hindurchgeführt sind.

Wie bereits angedeutet, stellte der Einbau des Motors in das Kühlsystem ganz neue Aufgaben. Über die Einwirkungen der üblichen Kältemittel und der Schmieröle auf die Drahtisolation lagen keinerlei Erfahrungen vor, so daß jedes, Kühlsätze herstellende Werk selbst eingehende Versuche durchführen mußte.

Beispielsweise ist es notwendig, die Drahtisolation außerordentlich gut zu trocknen, da viele Kältemittel in Gegenwart von Wasser äußerst aggressiv werden und nicht nur die Metallteile des Kompressors, sondern auch die Drahtisolation angreifen und so Windungs- oder Masseschlüsse hervorrufen. Außerdem besteht die große Gefahr, daß aufgelöste Isolationsteilchen sich an empfindlichen Stellen des Systems, z. B. an den Ventilen, festsetzen, so daß die ganze Maschine geöffnet und gereinigt werden müßte und erst nach Einbau eines neuen Motors wieder betriebsfähig ist. Eine vollkommene Trocknung des Kühlers einschließlich Motor ist also schon im Interesse der Betriebsfähigkeit der Kompressorteile erforderlich, ebenso wie zur Verhütung eines Einfrierens der kleinen Durchflußöffnungen am Regelventil.

Auf die genaue Einhaltung eines gleichmäßigen Luftspaltes zwischen Läufer und Ständer ist bei diesen Einphasenmotoren besonders zu achten, da durch einseitigen Luftspalt das an und für sich geringe Anlaufdrehmoment weiter herabgesetzt wird, was dazu führen könnte, daß in bestimmten Stellungen des Läufers der Motor überhaupt nicht anläuft.

1 ··· 2	Stahlkapsel	16	Ölsumpf
3 ··· 11	Motor und Lagerung	17	Anlauferleichterung
12 ··· 14	Kompressor	18	Kühlrippen
15	Ölpumpe	19 ··· 20	Ölbohrungen

Abb. 1a. Schnitt durch die Kühlanlage des Kühlschrankes nach Abb. 1b.

Abb. 1b. Kühlsystem eines neuen Kühlschrankes.

Anlauferleichterungen.

In diesem Zusammenhang soll auf die mannigfaltigen und konstruktiv recht interessanten Anlauferleichterungen hingewiesen werden, welche als Ergebnis der Zusammenarbeit zwischen Kühlmaschinen- und Elektromotorenkonstrukteur anzusehen sind und dem Motorhersteller erst die Möglichkeit zur Lieferung von besonders gut geeigneten Motoren geben. Wenn auch neben den einfachsten Induktionsmotoren, welche den Anlauf durch eine Hilfsphase mit erhöhtem Widerstand ermöglichen, Kondensatormotoren ohne Anlauferleichterung in gekapselten Kühlmaschinen verwendet werden können, so ist der Kondensator doch schon aus Preisgründen nicht gern gesehen. Er ist auch nicht erforderlich, wenn durch Anlauferleichterungen der Motor nur die Leerlaufreibungsverluste des Kompressors aufzubringen hat und erst dann belastet wird, wenn er bereits synchron arbeitet. Durch diese Maßnahme ist es aber auch möglich, den Motor nach erfolgtem Anlauf im normalen Kühlbetrieb auf dem günstigsten Punkt seiner Wirkungsgradkurve zu belasten, ohne Rücksicht auf ein hohes Anlaufdrehmoment nehmen zu müssen.

Ein einfacher Induktionsmotor kann bei Anlauf gegen Last das erforderliche hohe Anlaufdrehmoment von beispielsweise 13,5 cmkg nur bei starker Überbemessung aufbringen (Motor II, Abb. 2). Dabei ergibt sich ein schlechter Wirkungsgrad von nur 0,45 bei der geringen Nennlast von nur 4,6 cmkg. Für entlasteten Anlauf genügt ein Anlaufmoment von 4,5 cmkg, welches die Verwendung eines richtig bemessenen Motors (I) erlaubt, der einen guten Wirkungsgrad von 0,52 bei ebenfalls 4,6 cmkg Nennlast hat.

Abb. 2. Motorkennlinien bei Anlauf unter Last und bei entlastetem Anlauf.

Ebenfalls von großer Bedeutung ist die Motorkühlung, die bei der vollständigen Kapselung nicht nur den Motor vor schädlicher Überhitzung bewahren muß, sondern auch für den guten thermischen Wirkungsgrad des Kühlsystems wichtig ist. Die recht erheblichen Wärmemengen des Motors und des Kompressors durch das Maschinengehäuse nach außen abzuführen, ist nicht ganz einfach, wenn nicht für eine gute Wärmeableitung durch metallische Übertragung, Flüssigkeits- oder Gasumlauf gesorgt wird. Auf jeden Fall muß der Kühlmaschinenhersteller bereits bei der Planung seiner Konstruktion die vom Motorenhersteller genannten Motordaten berücksichtigen, da manche später auftretenden vermeintlichen Motorschwierigkeiten in Wirklichkeit auf eine Überlastung des Motors beim Anlauf oder Betrieb oder auf eine zu hohe Motortemperatur infolge ungenügender Wärmeabfuhr zurückgeführt werden müssen. Auch hier besitzen die einzelnen Kühlschrankwerke Sondererfahrungen, welche sich in der Eignung ihrer Erzeugnisse für besondere Betriebsverhältnisse, z. B. in den Tropen, in einem günstigen Wirkungsgrad und in besonders großer Zuverlässigkeit zeigen.

Schutz der Kühlschrankmotoren.

Die Kühlschrankmotoren müssen gegen unvorhersehbare Überlastungen, beispielsweise bei ungewöhnlich starken Spannungsschwankungen, geschützt werden. Ein besonderer Motorschutz ist daher auf jeden Fall zu empfehlen. Infolge des häufigen Einschaltens der kleinen Kühlschrankmotoren, die Anlaufströme zwischen 6 und 15 A bei 220 V aufweisen, ist mit normalen Sicherungen ein wirksamer Schutz nicht zu erreichen. Als Schmelzsicherungen kommen vielmehr nur träge Sicherungen in Frage, welche den kurzzeitigen Anlaufstromstoß passieren lassen, aber bei verhindertem Anlauf des Motors unter der dauernden Einwirkung des Kurzschlußstromes von Haupt- und Hilfsphase schmelzen.

Solche Sicherung auszuwechseln, ist natürlich für die Hausfrau ebenso wenig angenehm wie das Auswechseln der im Haushaltstromkreis befindlichen Hauptsicherungen. Infolgedessen wird in steigendem Maße der Kühlschrankstromkreis durch Sicherungs-Automaten abgesichert, welche eine wesentlich feinere Abstufung gestatten und vor allen Dingen durch einfaches Eindrücken eines Knopfes nach Beseitigung der Auslöseursache wieder betriebsfähig sind. Die neueren Kühlschrankbauarten gehen noch einen Schritt weiter und verwenden thermische Sicherungsautomaten, welche nicht nur in allen Überlastungsfällen in Zeiten abschalten, die dem Motor zuträglich sind, sondern auch nach einer gewissen Zeit selbsttätig wieder einschalten, so daß in den meisten Fällen die Hausfrau die kurze Unterbrechung des Kühlbetriebes gar nicht merkt.

Lüftermotoren in Haushalt-Kühlschränken.

Außer den Kompressormotoren sind bei vielen gekapselten Maschinen, deren Motoren ja nicht zum Antrieb eines Lüfterflügels herangezogen werden können, besondere Kleinmotoren vorgesehen. Ihre Aufgabe ist es, neben der Kühlung des Kompressormotors auch noch den Kältemittel-Verflüssiger zu belüften. Diese Lüftermotoren mit einem Anschlußwert von nur 10 bis 30 W arbeiten fast allgemein mit ständig eingeschalteter Hilfsphase, da sie unbelastet anlaufen. Die Lagerschmierung muß hierbei besonders sorgfältig ausgebildet werden, da diese Motoren ebenso oft anlaufen müssen wie der Kompressormotor selbst und ihre Gesamtbetriebszeit ungleich länger ist als die eines kleinen Tischlüfters, der nur wenige Stunden an besonders heißen Tagen gebraucht wird.

Abb. 3. Schaltplan des neuen Kühlschrankes nach Abb. 1b.

In dem Schaltplan Abb. 3 ist der gesamte elektrische Teil eines neuzeitlichen Kühlschrankes gezeigt. Außer dem Kompressormotor, dessen Hilfsphase durch ein stromabhängiges Relais ein- und nach erfolgtem Anlauf wieder abgeschaltet wird, ist der Motorschutzautomat angedeutet, sowie der Lüftermotor und die Kühlschrank-Innenbeleuchtung, die mit dem Öffnen und Schließen der Kühlschranktür betätigt wird. Der gesamte Antrieb wird durch den Thermostaten in Abhängigkeit von der Kühlraum-Innentemperatur geschaltet.

Aufgaben bei dem Schutz von Generatoren.

Von H. Engelhardt VDE, Berlin.

DK 621.316.925 : 621.313.12

Die Projektierung von Schutzeinrichtungen für Generatoren erfordert immer eine genaue Kenntnis der Betriebsweise der Schützlinge, wenn eine einwandfreie, allen Ansprüchen gerecht werdende Lösung erreicht werden soll. Die Anforderungen, die dabei zu stellen sind, bestehen im wesentlichen in der Begrenzung des Schadenumfangs auf ein solches Maß, daß der Ausfall des Stromerzeugers durch geringen Aufwand an Wiederinstandsetzungszeit und -kosten möglich ist. Diese Forderung ermöglicht allein die Sicherstellung der elektrischen Energieversorgung, denn in der heutigen Zeit kann der Ausfall eines Stromerzeugers auf längere Zeit umso weniger in Kauf genommen werden, als in allen Kraftwerken sämtliche Maschinen zur Deckung des anfallenden Bedarfs voll ausgenutzt sind. Selbstverständlich muß dabei die Betriebssicherheit der Einrichtung gewahrt bleiben, um Beunruhigungen des Betriebes durch unerwünschte Fehlschaltungen zu vermeiden. Ferner ist auf eine möglichst große Ausdehnung der Schutzwirkung zu achten, um alle die Fehler erfassen zu können, die eine ernste Gefährdung für die Schützlinge bedeuten. Eine Schutzeinrichtung verliert vollkommen ihren Wert, wenn sie beispielsweise nur der selektiven Eingrenzung des Fehlers Genüge leistet und nicht in der Lage ist, die Weiterentwicklung eines Fehlers und damit eine Vergrößerung des Schadenumfanges zu vermeiden.

Darüber hinaus verlangt die Projektierung der Schutzeinrichtungen genaueste Kenntnis der Fehlermöglichkeiten in Stromerzeugern und der Auswirkungen von Beschädigungen. Trotz der ständigen und sorgfältigen Wartung der Generatoren sind solche Fehler nicht zu vermeiden, da der aktive Teil einer ständigen starken Beanspruchung unterworfen ist, die infolge der stark wechselnden Belastung besonders schädlich wirkt. Von einem zweckmäßig arbeitenden Schutz muß immer verlangt werden, daß ein Eingreifen nur so erfolgt, daß der Eigenart der einzelnen Fehler entsprochen wird. Genau so wichtig ist auch die Forderung nach unbedingter Selektivität der Einrichtung, d. h. Vorgänge außerhalb des Schutzbereiches der Generatorschutzeinrichtungen dürfen keinerlei Anlaß zu einer Betätigung der Relais und damit der Leistungsschalter geben.

Den von der AEG im allgemeinen vorgesehenen Schutzeinrichtungen liegt die Aufgabe zugrunde, möglichst die ganze Generatorwicklung zu überwachen und somit gegen die Auswirkungen von Beschädigungen vor-

beugend zu schützen, um so das Weiterbilden zu schwereren Beschädigungen zu vermeiden. Zu diesem Zweck werden zur Erfassung innerer Fehler Erdschlußschutz, Wicklungsschutz des Ständers sowie eine Erdschluß-Schutzeinrichtung des Läufers vorgesehen. Ergänzend kommen hierzu noch Überstromschutz und gegebenenfalls Spannungssteigerungsschutz, um schädliche Einwirkungen äußerer Vorgänge, die auf die Dauer den Stromerzeuger gefährden können, unwirksam zu machen. Die so ausgebildeten Schutzeinrichtungen entsprechen allen Anforderungen, die von seiten der Elektrizitätswerke zu stellen sind, und zeichnen sich vor allen Dingen durch einfachsten und damit übersichtlichen Aufbau aus.

Beim Erdschluß des Generators muß die Entstehung eines Eisenbrandes weitestgehend unterbunden werden. Aus diesem Grunde wird nur ein kleiner Überwachungsstrom zugelassen, der im Fehlerfall unter Zuhilfenahme geeignet bemessener Widerstände gewonnen wird. Außerdem müssen die Erdschlußströme des Netzes möglichst von der Fehlerstelle ferngehalten werden, was zweckmäßig durch den Einbau von Petersen-Spulen oder andere Mittel erreicht wird. Die über die Fehlerstelle fließende Energie ist dann so klein, daß ein Eisenbrand mit Sicherheit vermieden wird. Die nach den Patenten von Bütow ausgebildeten Erdschlußschutzeinrichtungen benötigen im ungünstigsten Falle einen Erdschlußstrom von etwa 3 bis 5 A, um das hochempfindliche Erdschlußrelais zu betätigen und den Schutzumfang auf die ganze Wicklung ausdehnen zu können. Die seitherigen Erfahrungen haben gezeigt, daß Ströme dieser Größenordnung keine Gefährdung für den beschädigten Generator bedeuten, so daß der Schadenumfang in sehr engen Grenzen bleibt. Dies zeigen eindeutig bereits früher durchgeführte Versuche[1]) mit Stäben verschiedenen Isoliermaterials und inzwischen auch die im praktischen Betriebe gesammelten Erfahrungen beim Auftreten von Erdschlüssen in der Generatorwicklung. Durch Einfügen einer Verlagerungsspannung in den Erdstromkreis der Schutzeinrichtung wird nach den Patenten der AEG der Schutzumfang auf die ganze Generatorwicklung ausgedehnt, so daß ein allen Ansprüchen genügender Schutz vorhanden ist.

Mit diesen äußerst zweckmäßig durchgebildeten Erdschlußschutzeinrichtungen ist zugleich der wichtigste Bestandteil der gesamten Schutzeinrichtungen geschaffen. Die seitherige Erfahrung hat eindeutig gezeigt, daß sämtliche Fehler in Generatoren durch Erdschlüsse eingeleitet werden, und daß bei deren rechtzeitiger Erfassung eine Weiterentwicklung in einen Kurzschluß oder einen Windungsschluß ausgeschlossen ist. Kurzschlüsse zwischen zwei oder drei Phasen werden in Generatoren ohne vorangegangenen oder gleichzeitigen Erdschluß nur selten beobachtet. Ausgeschlossen ist das Auftreten eines reinen Windungsschlusses, der nicht durch einen Erdschluß eingeleitet ist. Mit den Erdschlußschutzeinrichtungen wird somit die Mehrzahl der schweren Fehler bereits vorbeugend erfaßt, während der Erdschluß selbst als kleinerer Fehler bei rechtzeitiger und zweckmäßiger Erfassung zu keiner ernsteren Beschädigung führt.

Die weiter genannte Schutzeinrichtung dient zur Erfassung sämtlicher Kurzschlüsse, die zwischen zwei oder drei Phasen der Generatorwicklung, in den Zuleitungskabeln zur Sammelschiene oder gegebenenfalls auch in dem vorgeschalteten Transformator auftreten können. Diese Fehler bedingen kurzschlußartige Ströme über die Fehlerstelle, die bei längerer Einwirkung zu einer vollkommenen Zerstörung des Ständereisens, des Wicklungskupfers oder der Isolation führen können. Oft wird dabei auch noch der Induktor in Mitleidenschaft gezogen, so daß eine vollkommene Überholung des Generators erforderlich wird. Um diesen Auswirkungen wirkungsvoll begegnen zu können, ist eine Schalterbetätigung in kürzester Zeit nach Auftreten des Fehlers erforderlich, um eine gefährliche Erhitzung der Fehlerstelle, Eisenbrand oder Wicklungsbrand auszuschließen. Aus diesem Grunde arbeitet das AEG-Differentialrelais zum Schutz von Generatoren ohne Zeitverzögerung (Relaiseigenzeit etwa drei Halbperioden) auf den Leistungsschalter und die Schnellentregungseinrichtung, die beide eine sofortige Verringerung und Vernichtung der über die Fehlerstelle fließenden Energie bewirken.

Die schließlich noch erwähnte Einrichtung zur Erfassung der Erdschlüsse im Induktorkreis dient lediglich zu Warnzwecken. Ein Erdschluß auf der Erregerseite des Generators ist zunächst ein sehr harmloser Fehler, der ohne schädliche Auswirkungen bleibt. Aus diesem Grunde ist eine sofortige Abschaltung und Entregung des Generators nicht erforderlich. Dieser Fehler kann jedoch die Ursache für eine ernste Gefährdung des Generators werden, wenn ein zweiter Erdschluß auftritt, da dieser entweder zu einem Kurzschluß der Erregermaschine oder zu einem Schluß von mehreren Windungen des Induktors führt. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, den von einem Erdschluß im Läuferkreis betroffenen Generator nach Zuschaltung einer Reservemaschine außer Betrieb zu nehmen.

Ergänzend zu diesen Einrichtungen ist noch eine Schnellentregungs-Einrichtung erforderlich, deren Aufgabe es ist, die Einspeisung von Fehlerenergie durch den beschädigten Generator selbst zu unterbinden.

Bei der Durchbildung der Schutzeinrichtungen muß von Fall zu Fall auf die jeweilige Betriebsweise des Stromerzeugers Rücksicht genommen werden. Arbeitet in kleineren Werken ein Generator allein auf ein direkt an die Sammelschiene angeschlossenes Netz, so genügt ein einfacher Differentialschutz, dessen Schutzbereich die Generatorwicklung und die Zuleitungskabel zur Sammelschiene umfaßt. Den gleichen Schutzbereich besitzt der Erdschlußschutz, der zur Erzielung einwandfreier Selektivität zwischen Fehlern im Generator einerseits und im Verteilungsnetz anderseits wattmetrisch ausgebildet ist. Der Erdschlußstrom des Netzes ist in diesem Falle meist ebenfalls sehr klein, so daß damit eine ernste Gefährdung des Generators nicht besteht, da auch der künstliche Erdschlußstrom, der durch eine zusätzliche Erdung innerhalb des Schutzbereiches gewonnen wird, nur sehr kleine Werte annimmt.

Bei größeren Kraftwerken, in denen mehrere Generatoren auf ein größeres, unmittelbar angeschlossenes Verteilungsnetz arbeiten, wird der Differentialschutz in der gleichen Weise ausgebildet. Bei der Durchbildung des Erdschlußschutzes ist wiederum auf die Kleinhaltung des Erdschlußstromes zu achten. Diese Forderung läßt sich bei größerer Anzahl von Generatoren nicht immer ohne weiteres erreichen, da bei der Gewinnung des Betätigungsstromes für das Erdschlußrelais für jede Maschine getrennt ein ziemlich großer Überwachungsstrom über die Erdschlußstelle fließen würde. Aus diesem Grunde wird eine gemeinsame Gewinnung des Betätigungsstromes für sämtliche Generatoren an der Sammelschiene vorgesehen, so daß unabhängig von der Anzahl der parallel arbeitenden Stromerzeuger der erzeugte Überwachungsstrom gleich bleibt, während die Blindkomponente des Netzerdschlußstromes durch den Einbau von Petersenspulen kompensiert wird. Erwähnt sei hier noch, daß die angegebenen Werte des Schutzumfanges unabhängig von der Größe des angeschlossenen Netzes sind und somit auch gelten, wenn das gesamte Verteilungsnetz von der Sammelschiene abgeschaltet ist.

Arbeitet der Generator über einen vorgeschalteten Transformator, mit dem er zur Einheit verbunden ist, auf das Verteilungsnetz höherer Spannung, so wird zweckmäßig in den Schutzbereich des Differentialschutzes der vorgeschaltete Transformator einbezogen. Der Wert einer solchen Schutzeinrichtung wird dadurch wesentlich erhöht, da mit der gleichen Einrichtung ohne erhebliche Mehrkosten zwei wichtige Anlageteile gleichzeitig gegen die Auswirkung von Fehlern geschützt werden. Für den Erdschlußschutz genügt ein Stromrelais, da Erdschlüsse im Verteil-

[1]) AEG-Mitt. (1930) H. 1, S. 36.

lungsnetz infolge der galvanischen Trennung vom Stromerzeuger keine Betätigung hervorrufen können, wodurch eine einwandfreie Selektivität gewährleistet wird. Der benötigte Erdschlußstrom für die Relaisbetätigung liegt größenmäßig noch unterhalb des Stromes für direkt auf das Netz arbeitende Generatoren. Erwähnt sei hier noch, daß diese Art der Schutzeinrichtung nur dann verwendet werden kann, wenn Generator und Transformator zu einer Einheit zusammengeschaltet sind. Arbeiten mehrere Generatoren parallel auf eine Sammelschiene, an welche über Transformatoren das Verteilungsnetz angeschlossen ist, so sind auch in diesem Falle wattmetrische Erdschlußschutz-Einrichtungen für jeden Generator erforderlich, wobei es sich selbstverständlich empfiehlt, bei vielen Generatoren den Erdschlußstrom an der Sammelschiene gemeinsam zu gewinnen. Der Differentialschutz kann in diesem Falle ebenfalls nur für die Generatoren und getrennt davon für die Transformatoren vorgesehen werden.

Oft wird zwischen Generator und Transformator, die als Einheit zusammengeschaltet sind, ein Abgang für den Eigenbedarf vorgesehen. Auch in diesem Falle empfiehlt es sich, die Erdschlußschutz-Einrichtung wattmetrisch auszubilden, damit Erdschlüsse im Eigenbedarf nicht zur Abschaltung des Generators und des Transformators führen. Diese Erdschlüsse werden vielmehr lediglich gemeldet. Der Schutzbereich des Differentialschutzes umfaßt wiederum den Generator und den Transformator einschl. der dazugehörenden Verbindungskabel, wobei auch hier eine Abgrenzung gegen den abgezweigten Eigenbedarf durchgeführt wird. Kurzschlüsse auf der Eigenbedarfseite führen daher nur zur Betätigung des vorgesehenen Leistungsschalters dieses Abganges.

Selbstverständlich können noch bei anderen Schaltungen von Generatoren die erwähnten Schutzeinrichtungen zweckmäßig angewandt werden, um so in allen Fällen die Betriebssicherheit zu wahren.

Die neuesten Feinstufsteuerungen für Straßenbahn-Triebwagen und Oberleitungs-Omnibusse.

Von J. Beier, Mannheim.

DK 621.335.42/.43–57/58

A. Allgemeines.

Die Vorteile der Feinstufsteuerungen für elektrische Straßenfahrzeuge gegenüber den bisherigen Grobstufensteuerungen sind bereits ausführlich besprochen[1]) und werden von den Straßenbahnverwaltungen, die hiermit ausgerüstete Fahrzeuge im Betrieb haben, voll anerkannt[2]). Sie seien daher nur kurz zusammengefaßt:

1. hohe Anfahrbeschleunigung und Bremsverzögerung bis an die Adhäsionsgrenze, daher wesentlich höhere Reisegeschwindigkeiten. Es wurden Anfahrbeschleunigungen (mit Sanden) von 3,2 m/s^2 und Bremsverzögerungen (mit Schienenbremse und Sanden) von 4,5 m/s^2 erreicht;

2. durch das praktisch stufenlose Anwachsen der Beschleunigung bzw. Verzögerung wird trotz deren Höhe jeglicher Stoß vermieden, was für die Fahrgäste, insbesondere beim Anhängerbetrieb, eine große Annehmlichkeit bedeutet und wodurch alle Übertragungsglieder, wie Getriebe, Kupplungen usw. geschont werden;

3. durch Zusammenbau der Widerstände, Schaltkollektoren und Starkstrom-Nockenschalter sowie des Fahrtrichtungswenders zu einer Einheit und deren Einbau in der Mitte unter dem Wagenfußboden wird durch den Wegfall der beiden grobstufigen Fahrschalter auf den Plattformen wertvoller Fahrgastraum gewonnen und das Kopfgewicht an den Führerständen wesentlich vermindert. Dies ist insbesondere bei zweiachsigen Wagen mit großem Überhang für den sanften Einlauf in Kurven von größter Bedeutung;

4. durch den Einbau unter dem Wagenboden in der Längsmitte der Fahrzeuge ist es möglich, die Widerstandswärme im Winter zur Wagenheizung heranzuziehen, so daß Widerstandsheizkörper im Wageninnern mit den zugehörigen Umschaltern entbehrt werden können;

5. Wegfall der Kabelverbindungen von den Fahrschaltern zu den Widerständen und Motoren. Hierdurch werden die Kosten für die Kabel, deren Verlegung und die Kabelkanäle erspart;

6. die gesamte Gewichtsersparnis aus den unter 3, 4 und 5 genannten Gründen beträgt 300 bis 600 kg je nach Größe des Fahrzeuges, was dem Gewicht von fünf bis zehn Fahrgästen entspricht.

Bei den von BBC entwickelten Feinstufensteuerungen wird der in der Mitte eingebaute Feinstufer, der aus den Widerständen, den Schaltkollektoren, den zur Herstellung der Schaltverbindungen notwendigen Nockenschaltern und dem Fahrtrichtungswender besteht, ohne Verwendung einer Zusatzkraft unmittelbar von Hand oder mit dem Fuß betätigt. Diese Antriebsart ergibt eine äußerst einfache, zuverlässige, übersichtliche, in der Anschaffung und Unterhaltung billige Ausbildung der Steuerung. Vor allem aber ermöglicht sie dem Fahrer, die Geschwindigkeit des Fahrzeuges den verschiedensten Verkehrsverhältnissen willkürlich anzupassen. Es ist heute allgemein bekannt, daß selbsttätige Steuerungen, die dem Fahrer die Möglichkeit nehmen, in den Anfahrvorgang einzugreifen und diesen den gegebenen Straßenverhältnissen anzupassen, für solche Fahrzeuge unzweckmäßig sind, die nicht auf eigenem Bahnkörper verkehren. Daß die vom Fahrer aufzubringende Betätigungskraft so klein gehalten werden kann, daß sie ohne Ermüdung aufgebracht wird, wurde bereits durch die ersten BBC-Feinstufsteuerungen erwiesen. Der Hauptteil der Betätigungskraft entfällt auf die Arbeit für das Verschieben der Schaltbürsten auf den als Flachbahnkollektoren ausgebildeten Schaltkollektoren der Widerstände. Bei den bisher bekannten Schaltungen müssen diese Kollektoren von den Schaltbürsten bei Parallelschaltung der Fahrmotoren einmal, bei Reihen-Parallelschaltung zweimal durchlaufen werden. Dies bedingt beim gleichen Fahrkurbelweg eine Verdoppelung der notwendigen Betätigungskraft.

Aus diesem Grunde, weiter um die Steuerung zu vereinfachen und den bei ungeschickter Betätigung beim Übergang von Reihen- auf Parallelschaltung möglicherweise auftretenden Beschleunigungsstoß zu vermeiden, waren die ersten Feinstufsteuerungen für Parallelschaltung der beiden Triebmotoren ausgebildet, konnten aber auf Wunsch durch Anbau einer elektromagnetisch gesteuerten Zusatzeinrichtung so ausgeführt werden, daß auf Streckenteilen, die eine länger dauernde verringerte Geschwindigkeit notwendig machten, z. B. in engen Stadtdurchfahrten, verkehrsreichen Straßenzügen, auch in Reihenschaltung gefahren werden konnte und so für diese Fälle eine zweite wirtschaftliche Fahrstufe vorhanden war (wahlweise Reihen-Parallelschaltung)[3]). Es hat sich unterdessen gezeigt, daß bei den derzeitig hohen Strom-

---

[1]) Hermle, ETZ 59 (1938) S. 869.
[2]) Finck, Elektrizitätswirtsch. 37 (1938) S. 845.
[3]) Mohrdieck, BBC-Nachr. 24 (1937) H. 3, S. 115.

kosten, mit denen die Straßenbahnverwaltungen rechnen müssen, der etwas größere Stromverbrauch bei Parallelschaltung stärker ins Gewicht fällt als die obenangeführten Gründe, die für sie sprechen. Es wurde aber neuerdings eine Reihen-Parallelschaltung für Feinstufsteuerung entwickelt, bei der die Betätigungskraft bei Reihen-Parallelschaltung nicht höher ist als bei Parallelschaltung. Die für Straßenbahn-Triebwagen und Oberleitungsomnibusse entwickelten neuesten Steuerungen wurden daher mit Reihen-Parallelschaltung ausgeführt.

B. Feinstufsteuerungen für Straßenbahn-Triebwagen.

Wie aus dem Schaltbild, Abb. 1, hervorgeht, wird bei dieser neuartigen Schaltung während der Reihenschaltung (Nockenschalter *V*, *VII* u. *IX* geschlossen) eine andere Widerstandsgruppe (*R*) allmählich kurzgeschlossen als während der Parallelschaltung (*W*). Beim Bremsen (*III*, *IV*, *VI*, *VIII* geschlossen) werden dagegen beide Widerstandsgruppen gleichzeitig feinstufig vermindert.

Abb. 1. Schaltbild der Feinstufsteuerung für Straßenbahn-Triebwagen.

Der Fahrtrichtungswender wird von den Führerständen aus über den gleichen Antrieb, der die Nockenschalter und die Schaltbürsten bewegt und der vorzugsweise als Rohrwelle, bei ungünstigen Platzverhältnissen als Drahtzug ausgeführt wird, wie folgt betätigt. Dreht der Fahrer die Fahrkurbel nach Wegdrücken eines beweglichen Anschlages über die höchste Bremsstellung hinaus, so trifft der an der Nockenwelle angebrachte Umsteuerhebel *U* auf das Drehherz *D*, das fest mit der Welle des Fahrtrichtungswenders verbunden ist. Dieser wird hierdurch umgelegt. Die Umschaltung wird durch Kennlampen auf die Führerstände rückgemeldet und damit die vorbereitete Fahrtrichtung angezeigt. Umsteuerhebel *U* und Drehherz *D* sind so ausgebildet, daß bei der nächsten Drehung der Nockenwelle über die höchste Bremsstellung hinaus der Fahrtrichtungswender in entgegengesetzter Richtung umgeschaltet wird.

Abb. 2. Widerstandskollektor.

Abb. 2 zeigt einen der vier eingebauten Widerstandskollektoren, von denen jeder aus zwei elektrisch getrennten Gruppen besteht. Jede dieser Gruppen umfaßt 50 Kollektorlamellen, die durch punktgeschweißte Verbindungen mit je einer Windung der hochkantgewickelten Widerstandswendel verbunden sind. Den acht Widerstandsgruppen entsprechend sind daher 400 Kollektorlamellen vorhanden. Die Kollektorlamellen werden unter Zwischenschaltung von kräftigen Schraubenfedern durch zwei außenliegende, isolierte Spannstangen zusammengepreßt. Nach Lösen der Spannmuttern und Wegnehmen einer Spannstange ist es ohne weiteres möglich, eine allenfalls beschädigte Kollektorlamelle auszuwechseln. Die acht Schaltbürsten werden durch den in Abb. 3 dargestellten Bürstenapparat auf den Kollektoren in kreisbogenförmiger Bahn verschoben, wobei jedoch die Bürstenkanten stets parallel zu den Lamellenkanten liegen. Je vier Bürsten sitzen auf einer an zwei Hebeln angelenkten Isolierstange, von denen einer durch eine Rolle bewegt wird, die in der Nut einer waagerecht liegenden Kurvenscheibe geführt ist. Die eine dieser Kurvenscheiben steuert die Bürsten für die Reihenschaltung, die andere diejenigen für die Parallelschaltung. Beide Kurvenscheiben sitzen auf einer gemeinsamen senkrechten Welle und werden durch ein Doppelzahnsegment von der senkrechten Antriebswelle des Feinstufers aus angetrieben.

Abb. 4 zeigt den Zusammenbau der Widerstandskollektoren, des Bürstenapparates, der Nockenschütze und des Fahrtrichtungswenders zum Feinstufer. Dieser wird mit seiner Längsachse quer zur Fahrtrichtung eingebaut, so daß der Fahrwind frei durch die hochkantgewickelten Widerstände hindurchstreicht. Die Widerstände sind durch Drahtsiebe gegen das Eindringen von Fremdkörpern geschützt. Im Winter werden die Siebe zum Teil mit Blechen abgedeckt, wodurch die erwärmte Luft abgefangen wird und zum Heizen des Wagens nach oben geleitet werden kann.

Abb. 3. Bürstenapparat für Straßenbahnsteuerungen.

Wie aus Abb. 1 hervorgeht, sind in dem die Nockenschalter und den Fahrtrichtungswender enthaltenden

Schaltkasten außer den zur Herstellung der oben beschriebenen Schaltung notwendigen sieben Nockenschaltern noch zwei für Feldschwächung (*I*, *II*) und einer zum Einschalten der Frischstromschienenbremse (*X*) eingebaut. Bürstenapparat und Schaltkasten sind durch Verschalungen gegen das Eindringen von Straßenstaub

Abb. 4. Feinstufer für Straßenbahntriebwagen.

geschützt. Bei einer Länge von 1050 mm, einer Breite von 800 mm und einer Höhe von 480 mm läßt sich der Feinstufer in jedem neuzeitlichen Straßenbahnwagen leicht unterbringen. Er kann bis zu Stromstärken von kurzzeitig 800 A bei einer Spannung von 750 V verwendet werden. Da der Feinstufer an sämtlichen Lagerstellen mit Kugellagern versehen ist und außerdem die in den Führerständen angebrachten Blindschalter einen Drehwinkel der Fahrkurbel von 668° (300° für Fahren und 368° für Bremsen) haben, ist die an der Fahrkurbel aufzuwendende Kraft sehr niedrig. Der große Drehwinkel gibt dem Fahrer eine bemerkenswerte Feinfühligkeit beim Schalten.

C. Feinstufsteuerung für Oberleitungsomnibusse.

Die günstigen Erfahrungen mit den Feinstufsteuerungen für Straßenbahnen veranlaßten BBC, diese Steuerungsart auch bei Oberleitungsomnibussen einzuführen, da dort ihre Vorzüge noch stärker zur Geltung kommen. Die folgend beschriebene Steuerung stellt die erste jemals für diese Fahrzeugart ausgeführte Feinstufsteuerung dar. Für Obusse hat das in Abschnitt A) über die Frage selbsttätige oder nichtselbsttätige Anfahrt Gesagte erhöhte Bedeutung, denn diese Fahrzeuge sind des stärker wechselnden Reibungswertes der Bereifung und ihrer Freizügigkeit wegen stärker von den Straßenverhältnissen abhängig als Schienenfahrzeuge. Bei ihnen muß dem Fahrer in erhöhtem Maße die Möglichkeit gegeben sein, sich den vorliegenden Straßen- und Verkehrsverhältnissen feinfühlig und willkürlich anpassen zu können. Im übrigen ist diese Frage bereits ausführlich von anderer Seite dargestellt worden[4]).

Da bei Obussen wegen des hohen Reibungswertes bei trockener Straße eine starke Überlastung der Antriebsteile möglich ist, muß bei diesen, auch bei einer nichtselbsttätigen Steuerung, ein Schutz gegen zu rasches Durchschalten angebracht werden. Bei der beschriebenen Steuerung übernimmt diesen eine vom Motorstrom erregte, durch den Fußhebel angetriebene Wirbelstrombremse, deren beweglicher Anker bei einer einstellbaren Stromstärke durchgezogen wird und dann ein Weiterschalten schlagartig erschwert. Diese Art der Strombegrenzung gibt dem Fahrer wegen des leichten Ansteigens der Fußhebelkraft bei mittleren Stromstärken ein Gefühl für die vorhandene Beschleunigung, ohne ihm die Freiheit zu nehmen, diese beliebig zu verstärken oder abzuschwächen. Entsprechend dem eingangs Gesagten ist auch diese Steuerung für Reihen-Parallelschaltung ausgebildet worden. Von einer elektrischen Bremsschaltung wurde abgesehen, da bei Obussen wegen der Vorschrift der Reichsstraßen-Verkehrsordnung, die eine Bremsverzögerung von mindestens 2,5 m/s² fordert, in fast allen Fällen eine Druckluftbremse angewendet werden muß. Auch würde wegen des hohen Reibungswertes zwischen Bereifung und trockener Straße bei ungeschickter Bedienung der elektrischen Bremse die Gefahr einer Überlastung der Antriebsteile, insbesondere des Ausgleichgetriebes bestehen. Dagegen folgt aus dem Fortfall der elektrischen Bremse eine wesentliche Vereinfachung der Steuerung und eine beträchtliche Verkleinerung der Widerstände.

Den beiden wirtschaftlichen Fahrstufen entsprechend wird beim ersten Durchtreten des Fußhebels die Reihenschaltung und nach seinem Rückführen bis in die Nähe der Nullstellung und zweitem Durchtreten die Parallelschaltung hergestellt. Während jedes Durchtretens werden die Widerstände feinstufig vermindert und in den Endstellungen des Fußhebels kurzgeschlossen.

Da in neuester Zeit Bestrebungen vorhanden sind, diese Zweihubschaltung durch eine Einhubschaltung zu ersetzen, sollen im folgenden die Vorzüge der Zweihubschaltung ausführlicher besprochen werden. Bei der Einhubschaltung muß entweder für die Reihenschaltung in der Mitte des Hubes eine Rast angeordnet werden oder der Übergang von der Reihenschaltung zur Parallelschaltung selbsttätig durch eine während des Durchtretens gespannte Feder erfolgen, die durch Weitertreten des Fußhebels über die Reihenschaltungsstellung hinaus ausgelöst wird. Im ersten Falle muß die Schaltarbeit für das zweimalige Überschleifen der Schaltkollektoren durch ihre Bürsten auf dem verhältnismäßig kleinen Fußhebelweg aufgebracht werden, wozu man eine mindest doppelt so große Fußkraft benötigt. Während der Fahrer bei der Zweihubschaltung nach erreichter Reihenstellung den Fußhebel gegen einen Anschlag drücken kann, muß er in beiden Fällen der Einhubsteuerung den Fuß gegen die Rückzugfeder des Fußhebels in der durch die Rast angezeigten Stellung halten, was erfahrungsgemäß den Fahrer bedeutend stärker ermüdet, da er darauf achten muß, diese gerastete Stellung nicht unbeabsichtigt zu überschalten. Diese unfreiwillige Weiterschaltung wird gerade dann leicht erfolgen, wenn die Aufmerksamkeit

Höchststromschalter
Stromabnehmer
Erde
Hilfsschütz
Prüfeinrichtung
Störschutzkondensator
Steckdose
Trockenbatterie
Ausschalter
Heizofen
Zum Schnarrer
Masse
Shunten Parallel Serie
Rückholung
Heizofen im Fahrerraum
Pumpenselbstschalter
Fahrschalter
Sicherung
Doppelkollektor ind. Shunt motor
Pumpenmotor
Haltlicht
Klinkenausheber
Rückfahrlicht
Wirbelstrom bremse
Stellung
Richtungswender
Feinstuf-Widerstand
Zugstange
Shunten
Fahren
Brems-Pedal
Zum Brems-Ventil
Fahr-Pedal
D 6008

Abb. 5. Schaltbild der Feinstufsteuerung für Oberleitungsomnibusse.

des Fahrers durch schwierige Verkehrszustände auf die Straße gerichtet ist, also gerade dann, wenn eine plötzliche, unfreiwillige Beschleunigungszunahme unerwünscht, möglicherweise sogar gefährlich ist. Was den zweiten Fall der Einhubsteuerung betrifft, so ist nicht einzusehen, warum in dem Anfahrbereich der Parallelschaltung die Nachteile der selbsttätigen Steuerung nicht mehr wirksam sein sollen. Es ist z. B. bei Glatteis gerade bei den höheren Geschwindigkeiten dieses Schalt-

[4]) Lehner, ETZ 58 (1937) S. 1183.

sollten außerdem auf ihre Stoßspannungsfestigkeit untersucht werden (Abb. 3). Um mit einem möglichst geringen Aufwand auszukommen, denn die Ausführung eines jeden solcher Versuche erfordert sehr umfangreiche, zeitraubende und teure Montagearbeiten (s. Abb. 4), schlugen wir vor, obwohl dies eine wesentliche Verschärfung der Prüfungen bedeutete, alle beabsichtigten Prüfungen nacheinander an den gleichen, durch Muffen gekoppelten, bereits der Biegeprobe unterworfenen Stücken vorzunehmen und sich nach Durchführung jedes Versuchs durch eine Verlustmessung erneut davon zu überzeugen, ob das Kabel und die Garnituren noch nicht notgelitten hätten, also Aussicht bestand, daß es auch die folgende Prüfung ertragen würde. Die Versuche wurden in folgender Reihenfolge durchgeführt:

- Verlustmessung, an den Kabeln bzw. Muffen gesondert;
- 700 kV Stoßprüfung mit positiver und negativer Polarität (je 20 Stöße);
- Verlustmessung, an den Kabeln bzw. Muffen gesondert;
- Prüfung mit 260 kV während 100 h;
- Verlustmessung, an den Kabeln bzw. Muffen gesondert;
- Prüfung mit 300 kV während 40 h;
- Verlustmessung, an den Kabeln und Muffen gesondert;
- Prüfung mit 350 kV während etwa 10 min (eine nach der Biegeprobe vorgeschriebene Prüfung).

Kennzeichnend für die Güte war die Tatsache, daß alle Verlustmessungen praktisch mit der vor dem Versuch ausgeführten Verlustmessung übereinstimmten. Erst bei dem letztausgeführten Versuch trat, und zwar nicht im Kabel, sondern innerhalb eines der beiden Endverschlüsse, ein Fehler auf. Die Demontage, die gemeinsam mit der KEMA vorgenommen wurde, legte die Vermutung nahe, daß bereits bei dem Vierzigstundenversuch mit 300 kV schwache, durch die Brückenmessung noch nicht erfaßte Änderungen durch die großen tangentialen und radialen Beanspruchungen hervorgerufen worden waren, die den Innenüberschlag bei 350 kV begünstigten.

Abb. 5. Hochspannungs-Prüfgleichrichter für 500 kV.

Während u. E. die Stoßprüfung für die Praxis wertvolle Aufschlüsse über Kabel und Zubehör zu geben vermag, kommt den Dauerprüfungen mit erhöhter Spannung und Normalfrequenz bei Ölkabeln nicht die gleiche Bedeutung wie bei Massekabeln zu. Auch hierüber soll später ausführlich berichtet werden.

Nach der Verlegung wurden die einzelnen Kabel bedingungsgemäß mit einer Gleichspannung von 340 kV, die durch einen Röhrengleichrichter in einer Vervielfachungsschaltung (Abb. 5) erzeugt wurde, während der Dauer von jeweils 15 min geprüft. Mit der vorgeschriebenen Prüfung haben wir eine Messung des Isolationswiderstandes verbunden, die bei allen Phasen hohe Absolutwerte sowie eine große Gleichmäßigkeit ergab. Der aus Spannung und Strom errechnete Isolationswiderstand wurde durch die Abklingzeit nach Abschalten des Gleichrichters bestätigt.

Es steht außerhalb jeden Zweifels, daß durch die von der KEMA an dem Versuchsstück in Arnhem vorgenommenen Dauerversuche sowie weiterhin durch die umfangreichen Prüfungen und Messungen in der Fabrik und nach der Verlegung, die entsprechend der Bedeutung und dem Umfang der Kabellieferung mit größter Sorgfalt und höchst kritisch durchgeführt wurden, rein versuchsmäßig der Beweis dafür geliefert wurde, daß das Ölkabel, das nun seit mehr als zehn Jahren im praktischen Betrieb seine Zuverlässigkeit erwiesen hat, die gleiche Zuverlässigkeit auch unter erheblich härteren Betriebsbedingungen zeigen wird.

Elektrische Antriebe für Haushalt-Kältemaschinen.

Von **Rudolf Hintze**, Berlin.

DK 621.34 : 621.565.92

Der neuzeitliche Haushalt-Kühlschrank steht heute vielfach im Mittelpunkt des Interesses, da er als letztes Glied der vom Erzeuger über den Groß- und Kleinhändler in den Einzelhaushalt führenden Kühlkette die Aufgabe hat, große Mengen von Nahrungsmitteln im Sinne des Vierjahresplanes vor dem Verderben zu schützen. Die heißen Länder hat der elektrische Kühlschrank bereits vor Jahren erobert. In unserem gemäßigten Klima ging die Einführung langsamer vor sich, doch ist der Gedanke des elektrischen Kühlens heute schon soweit Allgemeingut geworden, daß es sich lohnt, dieses Haushaltgerät einmal mit den Augen des Elektrikers zu betrachten.

Drei Kühlsysteme haben sich im Haushalt durchgesetzt: das Kompressionssystem mit elektromotorischem Antrieb, das periodische Absorptionssystem mit elektrischer Beheizung und das vorwiegend gasbeheizte kontinuierliche Absorptionssystem.

Da im vorliegenden Aufsatz besonders die elektrischen Antriebe an Haushalt-Kältemaschinen interessieren, wird hier nur das elektromotorisch betriebene Kompressionssystem behandelt, welches eine Fülle interessanter Antriebs- und Regelaufgaben stellt. Seinen Namen erhielt das Kompressionssystem von dem Kompressor, der das in einem geschlossenen Rohrsystem befindliche Kältemittel im Inneren des Kühlraumes durch Herabsetzen des Druckes zum Verdampfen bringt und an einer anderen außenliegenden Stelle des Rohrsystems bei erhöhtem Druck wieder verflüssigt, wonach es über ein selbsttätiges Regelventil wieder dem Verdampfer zu neuer Kühlarbeit zufließt.

Für den Antrieb dieses Kompressors wird ein Elektromotor verwendet, der früher allgemein als normaler, außenliegender Motor arbeitete und bei Wechselstrombetrieb heute in steigendem Maße gleich in das Kühlsystem eingebaut wird. An und für sich sollte ein elektromotorischer Antrieb heutzutage kein Problem mehr sein, doch sind die an diese Antriebe gestellten besonderen Ansprüche so mannigfaltig, daß für die Haushalt-Kühlschränke besondere Motoren, Schalt- und Schutzgeräte entwickelt werden mußten.

Eigenschaften der Kühlschrankmotoren.

Etwa 30- bis 50mal innerhalb 24 Stunden muß die Kühlmaschine in Tätigkeit gesetzt werden, um bei der verschieden starken Beanspruchung des Kühlschrankes in den verschiedenen Jahreszeiten eine ständig gleichmäßige Innentemperatur von + 6 ° aufrecht erhalten zu können. Im Gegensatz zu den Großkältemaschinen wird nämlich die Anpassung der Kühlmaschinenleistung an den Kühlbedarf nicht durch Leistungsänderung des Kompressors bewirkt, sondern durch Ein- und Ausschalten der ständig mit annähernd gleichbleibender Leistung arbeitenden kleinen Kühlmaschine in Abhängigkeit von einem Temperaturschalter, welcher durch die Kühlraumtemperatur beeinflußt wird.

Bei jedem Einschalten muß also der Elektromotor den Kompressor in Betrieb nehmen, und zwar in den meisten Fällen gegen einen beträchtlichen Verflüssigerdruck. Der Motor muß somit gegen Last anlaufen, was bei Einphasenmotoren nicht so ganz einfach ist, da diese wegen der im Kühlschrankbetrieb erforderlichen hohen Geräuschlosigkeit kommutatorlos ausgeführt werden müssen. Mit der Geräuschfreiheit ist die zweite Forderung gestellt, die verständlich ist, wenn man bedenkt, daß der Kompressormotor ja zu jeder Tages- und Nachtzeit arbeiten muß, wenn der Temperaturregler ihm das Kommando dazu erteilt.

Hohes Anlaufmoment und geräuscharmes Arbeiten.

Um kommutatorlos arbeitende Einphasenmotoren mit einem hohen Anlaufdrehmoment ausführen zu können, das bei den riemengetriebenen Kompressoren in vielen Fällen das 3- bis 5fache des Nenndrehmomentes beträgt, müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden, wenn nicht überbemessene und damit unwirtschaftliche Motoren verwendet werden sollen. Das Anlaufdrehmoment des Einphasenmotors, das nur wenig mehr als das Nenndrehmoment beträgt, muß also durch besondere Maßnahmen erhöht werden. Zum Teil läßt man diese Motoren als Repulsions-Induktionsmotoren arbeiten und schließt einen nur während des Anlaufvorganges wirksamen Kommutator und die Bürsten mittels eines Fliehkraftschalters nach erfolgtem Anlauf kurz; oft werden gleichzeitig zur Vermeidung von Geräuschbildung die Bürsten vom Kommutator abgehoben, worauf der Motor als reiner Induktionsmotor weiter arbeitet.

In dem Bestreben nach Vereinfachung der Kühlschrankmotoren wandte sich das Interesse dann wieder mehr den Kondensatormotoren zu, bei denen die zum Erzeugen eines Anlaufdrehmomentes erforderliche Phasenverschiebung durch einen Kondensator hervorgerufen wird, welcher entweder mit dem Motor zusammengebaut oder an einer besonderen Stelle des Kühlschrankes untergebracht ist. Der einfachste Weg ist, der Hilfsphase einen ständig eingeschalteten Kondensator zuzuordnen. Die den Anlauf bewirkende Phasenverschiebung kann dann auch zur Verbesserung des Motorwirkungsgrades verwendet werden. Leider sind jedoch die Anforderungen an den Anlauf- und an den Betriebskondensator verschieden, so daß es zur Erreichung eines hohen Anlaufdrehmomentes bei einem günstigsten cos φ notwendig ist, mittels eines Schalters nach dem Anlauf einen Teil des Kondensators abzuschalten.

Die vorbeschriebenen Einphasenmotoren sind außer in Kühlschränken auch in Waschmaschinen, Bügelmaschinen und anderen Haushaltgeräten eingebaut worden, bei denen auf eine ruhige Arbeitsweise Wert gelegt wird. Da sie außerdem im einschlägigen Schrifttum bereits eingehend beschrieben wurden, kann mit der vorhergehenden kurzen Erwähnung dieses Kapitel abgeschlossen werden.

Sonder-Einbaumotoren.

Der Wunsch zur weiteren Vereinfachung und Verbilligung der Kühlschrankantriebe führte nun zu einer ausgesprochenen Sonderkonstruktion, welche einer engen Zusammenarbeit zwischen dem Konstrukteur des Kühlschrankes und dem Konstrukteur der Motoren entstammt. Der Kühlschrankkonstrukteur wollte ein den bislang gebräuchlichen Kühlmaschinen eigenes, recht unsicheres Maschinenteil, die Stopfbüchse, vermeiden, welche die Kompressorantriebswelle gasdicht abschließen muß.

Die Abdichtungsschwierigkeiten wurden immer größer, weil im Zuge der Verbilligung die Drehzahl immer mehr stieg. Das veranlaßte den Kühlschrankkonstrukteur, den Motor des Kompressors in das Innere des Systems einzubauen. Die Zuführung der Energie in das Kühlsysteminnere erfolgt statt durch die Schleifringstopfbüchse, die zwei sich gegeneinander bewegende Flächen abzudichten hat, lediglich durch drei elektrische Leitungen. Die Abdichtung dieser Leitungen war infolge der geforderten absoluten Gasdichtigkeit zwar auch keine einfache Aufgabe, doch waren die Schwierigkeiten immerhin nur ein Bruchteil der durch die bislang verwendeten Wellenstopfbüchsen verursachten. Auch die Notwendigkeit eines besonderen Schutzes der Wicklungsisolation des in das Kühlsystem eingebauten Motors ergab noch manche Schwierigkeit. Die Anstrengungen wurden aber belohnt durch die mit dem sorgfältigen Einbau des Motors sich ergebende außerordentlich große Zuverlässigkeit der Kühlmaschinen.

War bei den eingangs beschriebenen, zumindest in mechanischer Hinsicht normalen Motoren der traditionelle Aufbau eines Elektromotors mit Gehäuse, Ständerpaket mit Wicklung, Läufer und beiderseitigen Lagerschilden gewahrt, so konnte der ins Kühlsystem eingebaute Motor als Einbaumotor mit dem Kompressor auf einer gemeinsamen Welle derart einfach und organisch zusammengebaut werden, daß sich die gesamte Motorlagerung und die Läuferwelle einsparen ließen. Aus Abb. 1 a und b, die Beispiele aus den Kühlschränken der Siemens-Schuckertwerke zeigen, ist dieser Zusammenbau ersichtlich: Die gemeinsame Motor-Exzenterwelle treibt an der einen Seite den mit Motordrehzahl arbeitenden kleinen Kompressor durch den an der entgegengesetzten Seite der Welle aufgepreßten Kurzschlußläufer. Der Motor hat drei Zuleitungen, welche durch die Wandung der gasdichten Kompressorkapsel elektrisch isoliert und gasdicht hindurchgeführt sind.

Wie bereits angedeutet, stellte der Einbau des Motors in das Kühlsystem ganz neue Aufgaben. Über die Einwirkungen der üblichen Kältemittel und der Schmieröle auf die Drahtisolation lagen keinerlei Erfahrungen vor, so daß jedes, Kühlsätze herstellende Werk selbst eingehende Versuche durchführen mußte.

Beispielsweise ist es notwendig, die Drahtisolation außerordentlich gut zu trocknen, da viele Kältemittel in Gegenwart von Wasser äußerst aggressiv werden und nicht nur die Metallteile des Kompressors, sondern auch die Drahtisolation angreifen und so Windungs- oder Masseschlüsse hervorrufen. Außerdem besteht die große Gefahr, daß aufgelöste Isolationsteilchen sich an empfindlichen Stellen des Systems, z. B. an den Ventilen, festsetzen, so daß die ganze Maschine geöffnet und gereinigt werden müßte und erst nach Einbau eines neuen Motors wieder betriebsfähig ist. Eine vollkommene Trocknung des Kühlers einschließlich Motor ist also schon im Interesse der Betriebsfähigkeit der Kompressorteile erforderlich, ebenso wie zur Verhütung eines Einfrierens der kleinen Durchflußöffnungen am Regelventil.

Auf die genaue Einhaltung eines gleichmäßigen Luftspaltes zwischen Läufer und Ständer ist bei diesen Einphasenmotoren besonders zu achten, da durch einseitigen Luftspalt das an und für sich geringe Anlaufdrehmoment weiter herabgesetzt wird, was dazu führen könnte, daß in bestimmten Stellungen des Läufers der Motor überhaupt nicht anläuft.

1 ··· 2	Stahlkapsel	16	Ölsumpf
3 ··· 11	Motor und Lagerung	17	Anlauferleichterung
12 ··· 14	Kompressor	18	Kühlrippen
15	Ölpumpe	19 ··· 20	Ölbohrungen

Abb. 1a. Schnitt durch die Kühlanlage des Kühlschrankes nach Abb. 1b.

Abb. 1b. Kühlsystem eines neuen Kühlschrankes.

Anlauferleichterungen.

In diesem Zusammenhang soll auf die mannigfaltigen und konstruktiv recht interessanten Anlauferleichterungen hingewiesen werden, welche als Ergebnis der Zusammenarbeit zwischen Kühlmaschinen- und Elektromotorenkonstrukteur anzusehen sind und dem Motorhersteller erst die Möglichkeit zur Lieferung von besonders gut geeigneten Motoren geben. Wenn auch neben den einfachsten Induktionsmotoren, welche den Anlauf durch eine Hilfsphase mit erhöhtem Widerstand ermöglichen, Kondensatormotoren ohne Anlauferleichterung in gekapselten Kühlmaschinen verwendet werden können, so ist der Kondensator doch schon aus Preisgründen nicht gern gesehen. Er ist auch nicht erforderlich, wenn durch Anlauferleichterungen der Motor nur die Leerlaufreibungsverluste des Kompressors aufzubringen hat und erst dann belastet wird, wenn er bereits synchron arbeitet. Durch diese Maßnahme ist es aber auch möglich, den Motor nach erfolgtem Anlauf im normalen Kühlbetrieb auf dem günstigsten Punkt seiner Wirkungsgradkurve zu belasten, ohne Rücksicht auf ein hohes Anlaufdrehmoment nehmen zu müssen.

Ein einfacher Induktionsmotor kann bei Anlauf gegen Last das erforderliche hohe Anlaufdrehmoment von beispielsweise 13,5 cmkg nur bei starker Überbemessung aufbringen (Motor II, Abb. 2). Dabei ergibt sich ein schlechter Wirkungsgrad von nur 0,45 bei der geringen Nennlast von nur 4,6 cmkg. Für entlasteten Anlauf genügt ein Anlaufmoment von 4,5 cmkg, welches die Verwendung eines richtig bemessenen Motors (I) erlaubt, der einen guten Wirkungsgrad von 0,52 bei ebenfalls 4,6 cmkg Nennlast hat.

Abb. 2. Motorkennlinien bei Anlauf unter Last und bei entlastetem Anlauf.

Ebenfalls von großer Bedeutung ist die Motorkühlung, die bei der vollständigen Kapselung nicht nur den Motor vor schädlicher Überhitzung bewahren muß, sondern auch für den guten thermischen Wirkungsgrad des Kühlsystems wichtig ist. Die recht erheblichen Wärmemengen des Motors und des Kompressors durch das Maschinengehäuse nach außen abzuführen, ist nicht ganz einfach, wenn nicht für eine gute Wärmeableitung durch metallische Übertragung, Flüssigkeits- oder Gasumlauf gesorgt wird. Auf jeden Fall muß der Kühlmaschinenhersteller bereits bei der Planung seiner Konstruktion die vom Motorenhersteller genannten Motordaten berücksichtigen, da manche später auftretenden vermeintlichen Motorschwierigkeiten in Wirklichkeit auf eine Überlastung des Motors beim Anlauf oder Betrieb oder auf eine zu hohe Motortemperatur infolge ungenügender Wärmeabfuhr zurückgeführt werden müssen. Auch hier besitzen die einzelnen Kühlschrankwerke Sondererfahrungen, welche sich in der Eignung ihrer Erzeugnisse für besondere Betriebsverhältnisse, z. B. in den Tropen, in einem günstigen Wirkungsgrad und in besonders großer Zuverlässigkeit zeigen.

Schutz der Kühlschrankmotoren.

Die Kühlschrankmotoren müssen gegen unvorhersehbare Überlastungen, beispielsweise bei ungewöhnlich starken Spannungsschwankungen, geschützt werden. Ein besonderer Motorschutz ist daher auf jeden Fall zu empfehlen. Infolge des häufigen Einschaltens der kleinen Kühlschrankmotoren, die Anlaufströme zwischen 6 und 15 A bei 220 V aufweisen, ist mit normalen Sicherungen ein wirksamer Schutz nicht zu erreichen. Als Schmelzsicherungen kommen vielmehr nur träge Sicherungen in Frage, welche den kurzzeitigen Anlaufstromstoß passieren lassen, aber bei verhindertem Anlauf des Motors unter der dauernden Einwirkung des Kurzschlußstromes von Haupt- und Hilfsphase schmelzen.

Solche Sicherung auszuwechseln, ist natürlich für die Hausfrau ebenso wenig angenehm wie das Auswechseln der im Haushaltstromkreis befindlichen Hauptsicherungen. Infolgedessen wird in steigendem Maße der Kühlschrankstromkreis durch Sicherungs-Automaten abgesichert, welche eine wesentlich feinere Abstufung gestatten und vor allen Dingen durch einfaches Eindrücken eines Knopfes nach Beseitigung der Auslöseursache wieder betriebsfähig sind. Die neueren Kühlschrankbauarten gehen noch einen Schritt weiter und verwenden thermische Sicherungsautomaten, welche nicht nur in allen Überlastungsfällen in Zeiten abschalten, die dem Motor zuträglich sind, sondern auch nach einer gewissen Zeit selbsttätig wieder einschalten, so daß in den meisten Fällen die Hausfrau die kurze Unterbrechung des Kühlbetriebes gar nicht merkt.

Lüftermotoren in Haushalt-Kühlschränken.

Außer den Kompressormotoren sind bei vielen gekapselten Maschinen, deren Motoren ja nicht zum Antrieb eines Lüfterflügels herangezogen werden können, besondere Kleinmotoren vorgesehen. Ihre Aufgabe ist es, neben der Kühlung des Kompressormotors auch noch den Kältemittel-Verflüssiger zu belüften. Diese Lüftermotoren mit einem Anschlußwert von nur 10 bis 30 W arbeiten fast allgemein mit ständig eingeschalteter Hilfsphase, da sie unbelastet anlaufen. Die Lagerschmierung muß hierbei besonders sorgfältig ausgebildet werden, da diese Motoren ebenso oft anlaufen müssen wie der Kompressormotor selbst und ihre Gesamtbetriebszeit ungleich länger ist als die eines kleinen Tischlüfters, der nur wenige Stunden an besonders heißen Tagen gebraucht wird.

Abb. 3. Schaltplan des neuen Kühlschrankes nach Abb. 1b.

In dem Schaltplan Abb. 3 ist der gesamte elektrische Teil eines neuzeitlichen Kühlschrankes gezeigt. Außer dem Kompressormotor, dessen Hilfsphase durch ein stromabhängiges Relais ein- und nach erfolgtem Anlauf wieder abgeschaltet wird, ist der Motorschutzautomat angedeutet, sowie der Lüftermotor und die Kühlschrank-Innenbeleuchtung, die mit dem Öffnen und Schließen der Kühlschranktür betätigt wird. Der gesamte Antrieb wird durch den Thermostaten in Abhängigkeit von der Kühlraum-Innentemperatur geschaltet.

Aufgaben bei dem Schutz von Generatoren.

Von H. Engelhardt VDE, Berlin.

DK 621.316.925 : 621.313.12

Die Projektierung von Schutzeinrichtungen für Generatoren erfordert immer eine genaue Kenntnis der Betriebsweise der Schützlinge, wenn eine einwandfreie, allen Ansprüchen gerecht werdende Lösung erreicht werden soll. Die Anforderungen, die dabei zu stellen sind, bestehen im wesentlichen in der Begrenzung des Schadenumfangs auf ein solches Maß, daß der Ausfall des Stromerzeugers durch geringen Aufwand an Wiederinstandsetzungszeit und -kosten möglich ist. Diese Forderung ermöglicht allein die Sicherstellung der elektrischen Energieversorgung, denn in der heutigen Zeit kann der Ausfall eines Stromerzeugers auf längere Zeit umso weniger in Kauf genommen werden, als in allen Kraftwerken sämtliche Maschinen zur Deckung des anfallenden Bedarfs voll ausgenutzt sind. Selbstverständlich muß dabei die Betriebssicherheit der Einrichtung gewahrt bleiben, um Beunruhigungen des Betriebes durch unerwünschte Fehlschaltungen zu vermeiden. Ferner ist auf eine möglichst große Ausdehnung der Schutzwirkung zu achten, um alle die Fehler erfassen zu können, die eine ernste Gefährdung für die Schützlinge bedeuten. Eine Schutzeinrichtung verliert vollkommen ihren Wert, wenn sie beispielsweise nur der selektiven Eingrenzung des Fehlers Genüge leistet und nicht in der Lage ist, die Weiterentwicklung eines Fehlers und damit eine Vergrößerung des Schadenumfanges zu vermeiden.

Darüber hinaus verlangt die Projektierung der Schutzeinrichtungen genaueste Kenntnis der Fehlermöglichkeiten in Stromerzeugern und der Auswirkungen von Beschädigungen. Trotz der ständigen und sorgfältigen Wartung der Generatoren sind solche Fehler nicht zu vermeiden, da der aktive Teil einer ständigen starken Beanspruchung unterworfen ist, die infolge der stark wechselnden Belastung besonders schädlich wirkt. Von einem zweckmäßig arbeitenden Schutz muß immer verlangt werden, daß ein Eingreifen nur so erfolgt, daß der Eigenart der einzelnen Fehler entsprochen wird. Genau so wichtig ist auch die Forderung nach unbedingter Selektivität der Einrichtung, d. h. Vorgänge außerhalb des Schutzbereiches der Generatorschutzeinrichtungen dürfen keinerlei Anlaß zu einer Betätigung der Relais und damit der Leistungsschalter geben.

Den von der AEG im allgemeinen vorgesehenen Schutzeinrichtungen liegt die Aufgabe zugrunde, möglichst die ganze Generatorwicklung zu überwachen und somit gegen die Auswirkungen von Beschädigungen vor-

beugend zu schützen, um so das Weiterbilden zu schwereren Beschädigungen zu vermeiden. Zu diesem Zweck werden zur Erfassung innerer Fehler Erdschlußschutz, Wicklungsschutz des Ständers sowie eine Erdschluß-Schutzeinrichtung des Läufers vorgesehen. Ergänzend kommen hierzu noch Überstromschutz und gegebenenfalls Spannungssteigerungsschutz, um schädliche Einwirkungen äußerer Vorgänge, die auf die Dauer den Stromerzeuger gefährden können, unwirksam zu machen. Die so ausgebildeten Schutzeinrichtungen entsprechen allen Anforderungen, die von seiten der Elektrizitätswerke zu stellen sind, und zeichnen sich vor allen Dingen durch einfachsten und damit übersichtlichen Aufbau aus.

Beim Erdschluß des Generators muß die Entstehung eines Eisenbrandes weitestgehend unterbunden werden. Aus diesem Grunde wird nur ein kleiner Überwachungsstrom zugelassen, der im Fehlerfall unter Zuhilfenahme geeignet bemessener Widerstände gewonnen wird. Außerdem müssen die Erdschlußströme des Netzes möglichst von der Fehlerstelle ferngehalten werden, was zweckmäßig durch den Einbau von Petersen-Spulen oder andere Mittel erreicht wird. Die über die Fehlerstelle fließende Energie ist dann so klein, daß ein Eisenbrand mit Sicherheit vermieden wird. Die nach den Patenten von Bütow ausgebildeten Erdschlußschutzeinrichtungen benötigen im ungünstigsten Falle einen Erdschlußstrom von etwa 3 bis 5 A, um das hochempfindliche Erdschlußrelais zu betätigen und den Schutzumfang auf die ganze Wicklung ausdehnen zu können. Die seitherigen Erfahrungen haben gezeigt, daß Ströme dieser Größenordnung keine Gefährdung für den beschädigten Generator bedeuten, so daß der Schadenumfang in sehr engen Grenzen bleibt. Dies zeigen eindeutig bereits früher durchgeführte Versuche[1]) mit Stäben verschiedenen Isoliermaterials und inzwischen auch die im praktischen Betriebe gesammelten Erfahrungen beim Auftreten von Erdschlüssen in der Generatorwicklung. Durch Einfügen einer Verlagerungsspannung in den Erdstromkreis der Schutzeinrichtung wird nach den Patenten der AEG der Schutzumfang auf die ganze Generatorwicklung ausgedehnt, so daß ein allen Ansprüchen genügender Schutz vorhanden ist.

Mit diesen äußerst zweckmäßig durchgebildeten Erdschlußschutzeinrichtungen ist zugleich der wichtigste Bestandteil der gesamten Schutzeinrichtungen geschaffen. Die seitherige Erfahrung hat eindeutig gezeigt, daß sämtliche Fehler in Generatoren durch Erdschlüsse eingeleitet werden, und daß bei deren rechtzeitiger Erfassung eine Weiterentwicklung in einen Kurzschluß oder einen Windungsschluß ausgeschlossen ist. Kurzschlüsse zwischen zwei oder drei Phasen werden in Generatoren ohne vorangegangenen oder gleichzeitigen Erdschluß nur selten beobachtet. Ausgeschlossen ist das Auftreten eines reinen Windungsschlusses, der nicht durch einen Erdschluß eingeleitet ist. Mit den Erdschlußschutzeinrichtungen wird somit die Mehrzahl der schweren Fehler bereits vorbeugend erfaßt, während der Erdschluß selbst als kleinerer Fehler bei rechtzeitiger und zweckmäßiger Erfassung zu keiner ernsteren Beschädigung führt.

Die weiter genannte Schutzeinrichtung dient zur Erfassung sämtlicher Kurzschlüsse, die zwischen zwei oder drei Phasen der Generatorwicklung, in den Zuleitungskabeln zur Sammelschiene oder gegebenenfalls auch in dem vorgeschalteten Transformator auftreten können. Diese Fehler bedingen kurzschlußartige Ströme über die Fehlerstelle, die bei längerer Einwirkung zu einer vollkommenen Zerstörung des Ständereisens, des Wicklungskupfers oder der Isolation führen können. Oft wird dabei auch noch der Induktor in Mitleidenschaft gezogen, so daß eine vollkommene Überholung des Generators erforderlich wird. Um diesen Auswirkungen wirkungsvoll begegnen zu können, ist eine Schalterbetätigung in kürzester Zeit nach Auftreten des Fehlers erforderlich, um eine gefährliche Erhitzung der Fehlerstelle, Eisenbrand oder Wicklungsbrand auszuschließen. Aus diesem Grunde arbeitet das AEG-Differentialrelais zum Schutz von Generatoren ohne Zeitverzögerung (Relaiseigenzeit etwa drei Halbperioden) auf den Leistungsschalter und die Schnellentregungseinrichtung, die beide eine sofortige Verringerung und Vernichtung der über die Fehlerstelle fließenden Energie bewirken.

Die schließlich noch erwähnte Einrichtung zur Erfassung der Erdschlüsse im Induktorkreis dient lediglich zu Warnzwecken. Ein Erdschluß auf der Erregerseite des Generators ist zunächst ein sehr harmloser Fehler, der ohne schädliche Auswirkungen bleibt. Aus diesem Grunde ist eine sofortige Abschaltung und Entregung des Generators nicht erforderlich. Dieser Fehler kann jedoch die Ursache für eine ernste Gefährdung des Generators werden, wenn ein zweiter Erdschluß auftritt, da dieser entweder zu einem Kurzschluß der Erregermaschine oder zu einem Schluß von mehreren Windungen des Induktors führt. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, den von einem Erdschluß im Läuferkreis betroffenen Generator nach Zuschaltung einer Reservemaschine außer Betrieb zu nehmen.

Ergänzend zu diesen Einrichtungen ist noch eine Schnellentregungs-Einrichtung erforderlich, deren Aufgabe es ist, die Einspeisung von Fehlerenergie durch den beschädigten Generator selbst zu unterbinden.

Bei der Durchbildung der Schutzeinrichtungen muß von Fall zu Fall auf die jeweilige Betriebsweise des Stromerzeugers Rücksicht genommen werden. Arbeitet in kleineren Werken ein Generator allein auf ein direkt an die Sammelschiene angeschlossenes Netz, so genügt ein einfacher Differentialschutz, dessen Schutzbereich die Generatorwicklung und die Zuleitungskabel zur Sammelschiene umfaßt. Den gleichen Schutzbereich besitzt der Erdschlußschutz, der zur Erzielung einwandfreier Selektivität zwischen Fehlern im Generator einerseits und im Verteilungsnetz anderseits wattmetrisch ausgebildet ist. Der Erdschlußstrom des Netzes ist in diesem Falle meist ebenfalls sehr klein, so daß damit eine ernste Gefährdung des Generators nicht besteht, da auch der künstliche Erdschlußstrom, der durch eine zusätzliche Erdung innerhalb des Schutzbereiches gewonnen wird, nur sehr kleine Werte annimmt.

Bei größeren Kraftwerken, in denen mehrere Generatoren auf ein größeres, unmittelbar angeschlossenes Verteilungsnetz arbeiten, wird der Differentialschutz in der gleichen Weise ausgebildet. Bei der Durchbildung des Erdschlußschutzes ist wiederum auf die Kleinhaltung des Erdschlußstromes zu achten. Diese Forderung läßt sich bei größerer Anzahl von Generatoren nicht immer ohne weiteres erreichen, da bei der Gewinnung des Betätigungsstromes für das Erdschlußrelais für jede Maschine getrennt ein ziemlich großer Überwachungsstrom über die Erdschlußstelle fließen würde. Aus diesem Grunde wird eine gemeinsame Gewinnung des Betätigungsstromes für sämtliche Generatoren an der Sammelschiene vorgesehen, so daß unabhängig von der Anzahl der parallel arbeitenden Stromerzeuger der erzeugte Überwachungsstrom gleich bleibt, während die Blindkomponente des Netzerdschlußstromes durch den Einbau von Petersenspulen kompensiert wird. Erwähnt sei hier noch, daß die angegebenen Werte des Schutzumfanges unabhängig von der Größe des angeschlossenen Netzes sind und somit auch gelten, wenn das gesamte Verteilungsnetz von der Sammelschiene abgeschaltet ist.

Arbeitet der Generator über einen vorgeschalteten Transformator, mit dem er zur Einheit verbunden ist, auf das Verteilungsnetz höherer Spannung, so wird zweckmäßig in den Schutzbereich des Differentialschutzes der vorgeschaltete Transformator einbezogen. Der Wert einer solchen Schutzeinrichtung wird dadurch wesentlich erhöht, da mit der gleichen Einrichtung ohne erhebliche Mehrkosten zwei wichtige Anlageteile gleichzeitig gegen die Auswirkung von Fehlern geschützt werden. Für den Erdschlußschutz genügt ein Stromrelais, da Erdschlüsse im Vertei-

[1]) AEG-Mitt. (1930) H. 1, S. 36.

lungsnetz infolge der galvanischen Trennung vom Stromerzeuger keine Betätigung hervorrufen können, wodurch eine einwandfreie Selektivität gewährleistet wird. Der benötigte Erdschlußstrom für die Relaisbetätigung liegt größenmäßig noch unterhalb des Stromes für direkt auf das Netz arbeitende Generatoren. Erwähnt sei hier noch, daß diese Art der Schutzeinrichtung nur dann verwendet werden kann, wenn Generator und Transformator zu einer Einheit zusammengeschaltet sind. Arbeiten mehrere Generatoren parallel auf eine Sammelschiene, an welche über Transformatoren das Verteilungsnetz angeschlossen ist, so sind auch in diesem Falle wattmetrische Erdschlußschutz-Einrichtungen für jeden Generator erforderlich, wobei es sich selbstverständlich empfiehlt, bei vielen Generatoren den Erdschlußstrom an der Sammelschiene gemeinsam zu gewinnen. Der Differentialschutz kann in diesem Falle ebenfalls nur für die Generatoren und getrennt davon für die Transformatoren vorgesehen werden.

Oft wird zwischen Generator und Transformator, die als Einheit zusammengeschaltet sind, ein Abgang für den Eigenbedarf vorgesehen. Auch in diesem Falle empfiehlt es sich, die Erdschlußschutz-Einrichtung wattmetrisch auszubilden, damit Erdschlüsse im Eigenbedarf nicht zur Abschaltung des Generators und des Transformators führen. Diese Erdschlüsse werden vielmehr lediglich gemeldet. Der Schutzbereich des Differentialschutzes umfaßt wiederum den Generator und den Transformator einschl. der dazugehörenden Verbindungskabel, wobei auch hier eine Abgrenzung gegen den abgezweigten Eigenbedarf durchgeführt wird. Kurzschlüsse auf der Eigenbedarfseite führen daher nur zur Betätigung des vorgesehenen Leistungsschalters dieses Abganges.

Selbstverständlich können noch bei anderen Schaltungen von Generatoren die erwähnten Schutzeinrichtungen zweckmäßig angewandt werden, um so in allen Fällen die Betriebssicherheit zu wahren.

Die neuesten Feinstufsteuerungen für Straßenbahn-Triebwagen und Oberleitungs-Omnibusse.

Von J. Beier, Mannheim.

DK 621.335.42/.43-57/58

A. Allgemeines.

Die Vorteile der Feinstufsteuerungen für elektrische Straßenfahrzeuge gegenüber den bisherigen Grobstufensteuerungen sind bereits ausführlich besprochen[1]) und werden von den Straßenbahnverwaltungen, die hiermit ausgerüstete Fahrzeuge im Betrieb haben, voll anerkannt[2]). Sie seien daher nur kurz zusammengefaßt:

1. hohe Anfahrbeschleunigung und Bremsverzögerung bis an die Adhäsionsgrenze, daher wesentlich höhere Reisegeschwindigkeiten. Es wurden Anfahrbeschleunigungen (mit Sanden) von 3,2 m/s^2 und Bremsverzögerungen (mit Schienenbremse und Sanden) von 4,5 m/s^2 erreicht;

2. durch das praktisch stufenlose Anwachsen der Beschleunigung bzw. Verzögerung wird trotz deren Höhe jeglicher Stoß vermieden, was für die Fahrgäste, insbesondere beim Anhängerbetrieb, eine große Annehmlichkeit bedeutet und wodurch alle Übertragungsglieder, wie Getriebe, Kupplungen usw. geschont werden;

3. durch Zusammenbau der Widerstände, Schaltkollektoren und Starkstrom-Nockenschalter sowie des Fahrtrichtungswenders zu einer Einheit und deren Einbau in der Mitte unter dem Wagenfußboden wird durch den Wegfall der beiden grobstufigen Fahrschalter auf den Plattformen wertvoller Fahrgastraum gewonnen und das Kopfgewicht an den Führerständen wesentlich vermindert. Dies ist insbesondere bei zweiachsigen Wagen mit großem Überhang für den sanften Einlauf in Kurven von größter Bedeutung;

4. durch den Einbau unter dem Wagenboden in der Längsmitte der Fahrzeuge ist es möglich, die Widerstandswärme im Winter zur Wagenheizung heranzuziehen, so daß Widerstandsheizkörper im Wageninnern mit den zugehörigen Umschaltern entbehrt werden können;

5. Wegfall der Kabelverbindungen von den Fahrschaltern zu den Widerständen und Motoren. Hierdurch werden die Kosten für die Kabel, deren Verlegung und die Kabelkanäle erspart;

6. die gesamte Gewichtsersparnis aus den unter 3, 4 und 5 genannten Gründen beträgt 300 bis 600 kg je nach Größe des Fahrzeuges, was dem Gewicht von fünf bis zehn Fahrgästen entspricht.

Bei den von BBC entwickelten Feinstufensteuerungen wird der in der Mitte eingebaute Feinstufer, der aus den Widerständen, den Schaltkollektoren, den zur Herstellung der Schaltverbindungen notwendigen Nockenschaltern und dem Fahrtrichtungswender besteht, ohne Verwendung einer Zusatzkraft unmittelbar von Hand oder mit dem Fuß betätigt. Diese Antriebsart ergibt eine äußerst einfache, zuverlässige, übersichtliche, in der Anschaffung und Unterhaltung billige Ausbildung der Steuerung. Vor allem aber ermöglicht sie dem Fahrer, die Geschwindigkeit des Fahrzeuges den verschiedensten Verkehrsverhältnissen willkürlich anzupassen. Es ist heute allgemein bekannt, daß selbsttätige Steuerungen, die dem Fahrer die Möglichkeit nehmen, in den Anfahrvorgang einzugreifen und diesen den gegebenen Straßenverhältnissen anzupassen, für solche Fahrzeuge unzweckmäßig sind, die nicht auf eigenem Bahnkörper verkehren. Daß die vom Fahrer aufzubringende Betätigungskraft so klein gehalten werden kann, daß sie ohne Ermüdung aufgebracht wird, wurde bereits durch die ersten BBC-Feinstufsteuerungen erwiesen. Der Hauptteil der Betätigungskraft entfällt auf die Arbeit für das Verschieben der Schaltbürsten auf den als Flachbahnkollektoren ausgebildeten Schaltkollektoren der Widerstände. Bei den bisher bekannten Schaltungen müssen diese Kollektoren von den Schaltbürsten bei Parallelschaltung der Fahrmotoren einmal, bei Reihen-Parallelschaltung zweimal durchlaufen werden. Dies bedingt beim gleichen Fahrkurbelweg eine Verdoppelung der notwendigen Betätigungskraft.

Aus diesem Grunde, weiter um die Steuerung zu vereinfachen und den bei ungeschickter Betätigung beim Übergang von Reihen- auf Parallelschaltung möglicherweise auftretenden Beschleunigungsstoß zu vermeiden, waren die ersten Feinstufsteuerungen für Parallelschaltung der beiden Triebmotoren ausgebildet, konnten aber auf Wunsch durch Anbau einer elektromagnetisch gesteuerten Zusatzeinrichtung so ausgeführt werden, daß auf Streckenteilen, die eine länger dauernde verringerte Geschwindigkeit notwendig machten, z. B. in engen Stadtdurchfahrten, verkehrsreichen Straßenzügen, auch in Reihenschaltung gefahren werden konnte und so für diese Fälle eine zweite wirtschaftliche Fahrstufe vorhanden war (wahlweise Reihen-Parallelschaltung)[3]). Es hat sich unterdessen gezeigt, daß bei den derzeitig hohen Strom-

[1]) Hermle, ETZ 59 (1938) S. 869.
[2]) Finck, Elektrizitätswirtsch. 37 (1938) S. 845.
[3]) Mohrdieck, BBC-Nachr. 24 (1937) H. 3, S. 115.

kosten, mit denen die Straßenbahnverwaltungen rechnen müssen, der etwas größere Stromverbrauch bei Parallelschaltung stärker ins Gewicht fällt als die obenangeführten Gründe, die für sie sprechen. Es wurde aber neuerdings eine Reihen-Parallelschaltung für Feinstufsteuerung entwickelt, bei der die Betätigungskraft bei Reihen-Parallelschaltung nicht höher ist als bei Parallelschaltung. Die für Straßenbahn-Triebwagen und Oberleitungsomnibusse entwickelten neuesten Steuerungen wurden daher mit Reihen-Parallelschaltung ausgeführt.

B. Feinstufsteuerungen für Straßenbahn-Triebwagen.

Wie aus dem Schaltbild, Abb. 1, hervorgeht, wird bei dieser neuartigen Schaltung während der Reihenschaltung (Nockenschalter *V*, *VII* u. *IX* geschlossen) eine andere Widerstandsgruppe (*R*) allmählich kurzgeschlossen als während der Parallelschaltung (*W*). Beim Bremsen (*III*, *IV*, *VI*, *VIII* geschlossen) werden dagegen beide Widerstandsgruppen gleichzeitig feinstufig vermindert.

Abb. 1. Schaltbild der Feinstufsteuerung für Straßenbahn-Triebwagen.

Der Fahrtrichtungswender wird von den Führerständen aus über den gleichen Antrieb, der die Nockenschalter und die Schaltbürsten bewegt und der vorzugsweise als Rohrwelle, bei ungünstigen Platzverhältnissen als Drahtzug ausgeführt wird, wie folgt betätigt. Dreht der Fahrer die Fahrkurbel nach Wegdrücken eines beweglichen Anschlages über die höchste Bremsstellung hinaus, so trifft der an der Nockenwelle angebrachte Umsteuerhebel *U* auf das Drehherz *D*, das fest mit der Welle des Fahrtrichtungswenders verbunden ist. Dieser wird hierdurch umgelegt. Die Umschaltung wird durch Kennlampen auf die Führerstände rückgemeldet und damit die vorbereitete Fahrtrichtung angezeigt. Umsteuerhebel *U* und Drehherz *D* sind so ausgebildet, daß bei der nächsten Drehung der Nockenwelle über die höchste Bremsstellung hinaus der Fahrtrichtungswender in entgegengesetzter Richtung umgeschaltet wird.

Abb. 2. Widerstandskollektor.

Abb. 2 zeigt einen der vier eingebauten Widerstandskollektoren, von denen jeder aus zwei elektrisch getrennten Gruppen besteht. Jede dieser Gruppen umfaßt 50 Kollektorlamellen, die durch punktgeschweißte Verbindungen mit je einer Windung der hochkantgewickelten Widerstandswendel verbunden sind. Den acht Widerstandsgruppen entsprechend sind daher 400 Kollektorlamellen vorhanden. Die Kollektorlamellen werden unter Zwischenschaltung von kräftigen Schraubenfedern durch zwei außenliegende, isolierte Spannstangen zusammengepreßt. Nach Lösen der Spannmuttern und Wegnehmen einer Spannstange ist es ohne weiteres möglich, eine allenfalls beschädigte Kollektorlamelle auszuwechseln. Die acht Schaltbürsten werden durch den in Abb. 3 dargestellten Bürstenapparat auf den Kollektoren in kreisbogenförmiger Bahn verschoben, wobei jedoch die Bürstenkanten stets parallel zu den Lamellenkanten liegen. Je vier Bürsten sitzen auf einer an zwei Hebeln angelenkten Isolierstange, von denen einer durch eine Rolle bewegt wird, die in der Nut einer waagerecht liegenden Kurvenscheibe geführt ist. Die eine dieser Kurvenscheiben steuert die Bürsten für die Reihenschaltung, die andere diejenigen für die Parallelschaltung. Beide Kurvenscheiben sitzen auf einer gemeinsamen senkrechten Welle und werden durch ein Doppelzahnsegment von der senkrechten Antriebswelle des Feinstufers aus angetrieben.

Abb. 4 zeigt den Zusammenbau der Widerstandskollektoren, des Bürstenapparates, der Nockenschütze und des Fahrtrichtungswenders zum Feinstufer. Dieser wird mit seiner Längsachse quer zur Fahrtrichtung eingebaut, so daß der Fahrwind frei durch die hochkantgewickelten Widerstände hindurchstreicht. Die Widerstände sind durch Drahtsiebe gegen das Eindringen von Fremdkörpern geschützt. Im Winter werden die Siebe zum Teil mit Blechen abgedeckt, wodurch die erwärmte Luft abgefangen wird und zum Heizen des Wagens nach oben geleitet werden kann.

Abb. 3. Bürstenapparat für Straßenbahnsteuerungen.

Wie aus Abb. 1 hervorgeht, sind in dem die Nockenschalter und den Fahrtrichtungswender enthaltenden

Schaltkasten außer den zur Herstellung der oben beschriebenen Schaltung notwendigen sieben Nockenschaltern noch zwei für Feldschwächung (*I, II*) und einer zum Einschalten der Frischstromschienenbremse (*X*) eingebaut. Bürstenapparat und Schaltkasten sind durch Verschalungen gegen das Eindringen von Straßenstaub

Abb. 4. Feinstufer für Straßenbahntriebwagen.

geschützt. Bei einer Länge von 1050 mm, einer Breite von 800 mm und einer Höhe von 480 mm läßt sich der Feinstufer in jedem neuzeitlichen Straßenbahnwagen leicht unterbringen. Er kann bis zu Stromstärken von kurzzeitig 800 A bei einer Spannung von 750 V verwendet werden. Da der Feinstufer an sämtlichen Lagerstellen mit Kugellagern versehen ist und außerdem die in den Führerständen angebrachten Blindschalter einen Drehwinkel der Fahrkurbel von 668 ° (300 ° für Fahren und 368 ° für Bremsen) haben, ist die an der Fahrkurbel aufzuwendende Kraft sehr niedrig. Der große Drehwinkel gibt dem Fahrer eine bemerkenswerte Feinfühligkeit beim Schalten.

C. Feinstufsteuerung für Oberleitungsomnibusse.

Die günstigen Erfahrungen mit den Feinstufsteuerungen für Straßenbahnen veranlaßten BBC, diese Steuerungsart auch bei Oberleitungsomnibussen einzuführen, da dort ihre Vorzüge noch stärker zur Geltung kommen. Die folgend beschriebene Steuerung stellt die erste jemals für diese Fahrzeugart ausgeführte Feinstufsteuerung dar. Für Obusse hat das in Abschnitt A) über die Frage selbsttätige oder nichtselbsttätige Anfahrt Gesagte erhöhte Bedeutung, denn diese Fahrzeuge sind des stärker wechselnden Reibungswertes der Bereifung und ihrer Freizügigkeit wegen stärker von den Straßenverhältnissen abhängig als Schienenfahrzeuge. Bei ihnen muß dem Fahrer in erhöhtem Maße die Möglichkeit gegeben sein, sich den vorliegenden Straßen- und Verkehrsverhältnissen feinfühlig und willkürlich anpassen zu können. Im übrigen ist diese Frage bereits ausführlich von anderer Seite dargestellt worden[4]).

Da bei Obussen wegen des hohen Reibungswertes bei trockener Straße eine starke Überlastung der Antriebsteile möglich ist, muß bei diesen, auch bei einer nichtselbsttätigen Steuerung, ein Schutz gegen zu rasches Durchschalten angebracht werden. Bei der beschriebenen Steuerung übernimmt diesen eine vom Motorstrom erregte, durch den Fußhebel angetriebene Wirbelstrombremse, deren beweglicher Anker bei einer einstellbaren Stromstärke durchgezogen wird und dann ein Weiterschalten schlagartig erschwert. Diese Art der Strombegrenzung gibt dem Fahrer wegen des leichten Ansteigens der Fußhebelkraft bei mittleren Stromstärken ein Gefühl für die vorhandene Beschleunigung, ohne ihm die Freiheit zu nehmen, diese beliebig zu verstärken oder abzuschwächen. Entsprechend dem eingangs Gesagten ist auch diese Steuerung für Reihen-Parallelschaltung ausgebildet worden. Von einer elektrischen Bremsschaltung wurde abgesehen, da bei Obussen wegen der Vorschrift der Reichsstraßen-Verkehrsordnung, die eine Bremsverzögerung von mindestens 2,5 m/s² fordert, in fast allen Fällen eine Druckluftbremse angewendet werden muß. Auch würde wegen des hohen Reibungswertes zwischen Bereifung und trockener Straße bei ungeschickter Bedienung der elektrischen Bremse die Gefahr einer Überlastung der Antriebsteile, insbesondere des Ausgleichgetriebes bestehen. Dagegen folgt aus dem Fortfall der elektrischen Bremse eine wesentliche Vereinfachung der Steuerung und eine beträchtliche Verkleinerung der Widerstände.

Den beiden wirtschaftlichen Fahrstufen entsprechend wird beim ersten Durchtreten des Fußhebels die Reihenschaltung und nach seinem Rückführen bis in die Nähe der Nullstellung und zweitem Durchtreten die Parallelschaltung hergestellt. Während jedes Durchtretens werden die Widerstände feinstufig vermindert und in den Endstellungen des Fußhebels kurzgeschlossen.

Da in neuester Zeit Bestrebungen vorhanden sind, diese Zweihubschaltung durch eine Einhubschaltung zu ersetzen, sollen im folgenden die Vorzüge der Zweihubschaltung ausführlicher besprochen werden. Bei der Einhubschaltung muß entweder für die Reihenschaltung in der Mitte des Hubes eine Rast angeordnet werden oder der Übergang von der Reihenschaltung zur Parallelschaltung selbsttätig durch eine während des Durchtretens gespannte Feder erfolgen, die durch Weitertreten des Fußhebels über die Reihenschaltungsstellung hinaus ausgelöst wird. Im ersten Falle muß die Schaltarbeit für das zweimalige Überschleifen der Schaltkollektoren durch ihre Bürsten auf dem verhältnismäßig kleinen Fußhebelweg aufgebracht werden, wozu man eine mindest doppelt so große Fußkraft benötigt. Während der Fahrer bei der Zweihubschaltung nach erreichter Reihenstellung den Fußhebel gegen einen Anschlag drücken kann, muß er in beiden Fällen der Einhubsteuerung den Fuß gegen die Rückzugfeder des Fußhebels in der durch die Rast angezeigten Stellung halten, was erfahrungsgemäß den Fahrer bedeutend stärker ermüdet, da er darauf achten muß, diese gerastete Stellung nicht unbeabsichtigt zu überschalten. Diese unfreiwillige Weiterschaltung wird gerade dann leicht erfolgen, wenn die Aufmerksamkeit

Abb. 5. Schaltbild der Feinstufsteuerung für Oberleitungsomnibusse.

des Fahrers durch schwierige Verkehrszustände auf die Straße gerichtet ist, also gerade dann, wenn eine plötzliche, unfreiwillige Beschleunigungszunahme unerwünscht, möglicherweise sogar gefährlich ist. Was den zweiten Fall der Einhubsteuerung betrifft, so ist nicht einzusehen, warum in dem Anfahrbereich der Parallelschaltung die Nachteile der selbsttätigen Steuerung nicht mehr wirksam sein sollen. Es ist z. B. bei Glatteis gerade bei den höheren Geschwindigkeiten dieses Schalt-

[4]) Lehner, ETZ 58 (1937) S. 1183.

bereiches notwendig, die Beschleunigung des Wagens dem Willen des Fahrers zu unterwerfen, denn gerade unter diesen schwierigen Fahrverhältnissen muß es ihm möglich sein, die Fahrzeuggeschwindigkeit jederzeit beliebig rasch zu vermindern oder zu erhöhen. Da ihm diese Möglichkeit nur durch die Feinstufsteuerung gegeben ist, hieße es auf ihre Vorteile verzichten, wenn man ihn dieser Möglichkeit beraubte. Der vergrößerte Fußweg bei der Zweihubsteuerung ergibt außer der verringerten Betätigungskraft auch eine erhöhte Genauigkeit des Schaltens. Die endgültige Entscheidung über die Einhub- oder Zweihub-Feinstufsteuerung muß der Betrieb auf Grund der maßgebenden Urteile jener Fahrer fällen, die längere Zeit Gelegenheit hatten, Fahrzeuge mit beiden Steuerungen unter gleichen Verkehrsverhältnissen zu fahren.

Während Abb. 5 die Schaltung erläutert, ist die Steuerung in Abb. 6 so dargestellt, wie sie im Fahrzeug räumlich eingebaut ist. Der obenliegende Fahrschalter enthält die für die Reihen-Parallelschaltung und Feldschwächung notwendigen sechs Nockenschalter sowie den von Hand betätigten Fahrtrichtungswender, der außer den Stellungen für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt noch eine Abschaltstellung hat. Der links angeordnete Fahrfußhebel nimmt beim Durchtreten über eine Fortschaltklinke eine Klinkenscheibe mit, die über eine Zahnradübersetzung die Nockenwelle der Starkstromschalter verdreht. Gleichzeitig wird durch eine Zugstange der Bürstenapparat der Feinstufwiderstände und über eine Übersetzung ins Schnelle die erwähnte Wirbelstrombremse angetrieben. Das Festhalten der Nockenwelle in der Reihenstellung übernimmt eine in die Klinkenscheibe eingreifende Halteklinke. Beim Zurückgehen des Fahrfußhebels bis in die Nähe der Nullstellung werden die Widerstände durch die Bürsten wieder eingeschaltet und die erwähnte Fortschaltklinke zum Eingriff in den nächsten Zahn der Klinkenscheibe gebracht. Beim zweiten Durchtreten des Fußhebels wird nun durch die Klinkenscheibe die Nockenwelle in die Parallelschaltung gedreht und der Feinstufwiderstand allmählich kurzgeschlossen. Die Stellung der Nockenwelle für Feldschwächung wird schließlich durch kräftiges Weitertreten des Fußhebels erreicht.

G 45271

Abb. 6. Feinstufsteuerung: Schaltwerk, Anfahrwiderstand und Wirbelstrombremse.

Unabhängig von der Stellung des Fahrhebels wird beim Treten des rechts liegenden Bremshebels die Nockenwelle sofort entklinkt und gleichfalls in die Aus-Stellung zurückgedreht.

Die Widerstände sind bei dieser Steuerung des geringeren Raumbedarfs wegen aus haarnadelförmig gebogenen Flachbandelementen geschichtet, und jedes derartige Element ist durch eine kurze Flachbandverbindung mit einer Lamelle der beiden Flachbahnkollektoren verbunden. Diese werden von vier Bürsten bestrichen, die durch den in Abb. 7 dargestellten Bürstenapparat bewegt werden. Jeder Schaltkollektor enthält in zwei Gruppen zu je 40 Lamellen 80 Lamellen, so daß ihre gesamte Zahl 160 beträgt und somit die Anfahrt in 320 Stufen stattfindet. Der Feinstufwiderstand ist knapp hinter der Stirnwand, die entsprechende Öffnungen enthält, unter dem Wagenfußboden so eingebaut, daß der Fahrwind durch die Flachbandelemente hindurchstreicht und diese wirksam kühlt.

G 4529

Abb. 7. Feinstufwiderstände und Bürstenapparat von unten gesehen.

Die höchste kurzzeitige Stromstärke beträgt 500 A bei einer Fahrdrahtspannung von höchstens 750 V.

Der Schutz des Öltransformators.

Von Konrad Täuber, München.

DK 621.314.212.004.5

Der Schutz des Transformators gliedert sich in die beiden Hauptgruppen: Überlastschutz und Fehlerschutz. Der Überlastschutz soll die Wicklung vor solchen Übererwärmungen schützen, die der Isolation schaden, aber alle in Betrieb möglichen Überlastungen, auch wenn sie ein Mehrfaches der Nennleistung ausmachen, zulassen, solange die für die Wicklungsisolation unschädliche Höchsttemperatur nicht überschritten wird.

Diese Bedingung wird mehr oder weniger vollkommen durch folgende Schutzarten erfüllt: den allgemeinen Überstromschutz, die Einrichtung zur Überwachung der mittleren Öltemperatur des Transformators, das thermische Abbild der Transformatorenwicklung. Der Fehlerschutz hat die Aufgabe, die schädlichen Auswirkungen von Fehlern im Transformator zu bekämpfen. Zu diesem Zwecke muß er so empfindlich arbeiten, daß die im Entstehen begriffenen Fehler rechtzeitig angezeigt werden, ohne daß infolge einer zu großen Empfindlichkeit des Schutzes ein Abschalten des Transformators durch Überlast oder durch außerhalb des Transformators liegende Kurzschlüsse usw. zu befürchten ist.

Der Fehlerschutz hat im einzelnen die Aufgabe, kleine Gasblasen als Auswirkung angehender Fehler in der Weise zu erfassen und anzuzeigen, daß aus dem Grad der Gasbildung und der Zusammensetzung des Gases auf Fehlerort und Fehlerart geschlossen werden kann.

Wo Fehler mit heftiger Gasentwicklung auftreten, soll der Schutz die Abschaltung des Transformators so rasch als möglich bewirken. Wo eine mäßige Gasbildung auftritt, die auch im Falle stärkster Gasentwicklung dieser

vorausgehen wird, muß vom Schutz verlangt werden, daß auch schon die mäßige anfängliche Volumenzunahme im Öl den Transformator zum Abschalten bringt, wenn die Ölströmung im Verbindungsrohr größer ist, als sie der zulässigen höchsten Temperatur der Transformatorwicklung entspricht.

Der Schutz muß ferner von einfacher Bauart sein und sich weitgehendst selbst überwachen. Eine Kontrolle der Wirkungsweise des Schutzes muß sich während des Betriebes ohne Schwierigkeiten ermöglichen lassen.

Eine Vereinigung eines vollkommenen Überlastschutzes mit einem empfindlichen Fehlerschutz nach den vorgenannten Richtlinien stellt ein vom Verfasser entwickelter Transformatorschutz dar, den die Firma Alois Zettler, München, darstellt. Dieser Schutz ist eine Überwachungseinrichtung, welche die thermischen Verhältnisse der Transformatorwicklung in allen Belastungsfällen getreu wiedergibt. Der Schutz führt ebenso genau zur richtigen Zeit zum Alarmieren oder Auslösen bei einem Vielfachen der Nennlast, wie er bei kleiner Überlast erst dann alarmiert, wenn die Wicklungsisolation ihre zulässige Temperatur erreicht hat. Der neue Schutz gibt die Möglichkeit, die Leistung des Transformators voll auszunutzen, ohne daß eine Übererwärmung der Wicklung zu befürchten ist.

Der Ölausgleich zwischen Transformator und Ausdehnungsgefäß wird beim neuen Schutz zur Anzeige der tatsächlichen Erwärmung der Wicklung ausgenutzt. Jede in der Wicklung oder im Eisenkern des Transformators frei werdende Wärmeeinheit (WE), die auf das Öl übergeht und von diesem nicht gleichzeitig nach außen wieder abgegeben wird, hat eine Volumenzunahme des Ölinhalts des Transformatorkessels von 1,95 cm³ zur Folge. Werden z. B. infolge Überlastung eines Transformators aus einem bestimmten Vorbelastungszustand heraus, in welchem die Wärmeerzeugung gleich der Wärmeabgabe ist, sekundlich 50 kcal frei, so bewirken diese eine Volumenzunahme von $50 \cdot 1{,}95 = 97{,}5\ \text{cm}^3$. Diese Ölmenge muß durch eine Drosselöffnung in das Ausdehnungsgefäß gedrückt werden, wodurch vor der Drosselöffnung ein Anstauen des Öls und damit ein Druck entsteht, der einen Maßstab für den Temperaturunterschied zwischen Wicklung und Öl darstellt. Die grundsätzliche Darstellung in Abb. 1 läßt diese Wirkungsweise erkennen. Die Erwärmung der Wicklung wird demnach durch eine einfache Druckmessung festgestellt. Es bedeutet:

ϑ augenblickliche Übertemperatur des Transformatoröls,
Θ Endübertemperatur des Öls, d. h. die Temperatur, bei der die gesamte im Transformator erzeugte Wärme wieder nach außen abgegeben wird,
τ augenblickliche Übertemperatur der Transformatorwicklung,
T Endübertemperatur der Wicklung,
$\mathfrak{Z}, \mathfrak{z}$ Zeitkonstante des Öls bzw. der Wicklung,
e Basis des nat. Logarithmus.

Der Temperaturverlauf des Öls im Transformator, abhängig von der Zeit t, bestimmt sich nach folgender Gleichung[1]:

$$\frac{\vartheta}{\Theta} = 1 - \frac{1}{\mathfrak{Z} - \mathfrak{z}} \left(\mathfrak{Z}\, e^{-t/\mathfrak{Z}} - \mathfrak{z}\, e^{-t/\mathfrak{z}} \right). \quad (1)$$

Die Temperatur der Wicklung entspricht der Gleichung:

$$\tau = T \left[1 - \frac{1}{\mathfrak{Z} - \mathfrak{z}} \left(\mathfrak{Z}\, e^{-t/\mathfrak{Z}} - \mathfrak{z}\, e^{-t/\mathfrak{z}} \right) \right] + (T - \Theta) \left[\frac{\mathfrak{Z}}{\mathfrak{Z} - \mathfrak{z}} \left(e^{-t/\mathfrak{Z}} - e^{-t/\mathfrak{z}} \right) \right]. \quad (2)$$

Der neue Transformatorschutz nach Abb. 1 nützt die Tatsache aus, daß sich das Öl im Transformatorkessel infolge der Wärmeerzeugung in der Wicklung und im Eisenkern ausdehnt und durch die Volumenzunahme in das Ausdehnungsgefäß strömt. Durch eine Drossel C im Verbindungsrohr, die das überfließende Öl durchströmen muß, entsteht vor dieser ein S t a u d r u c k h (hydrodynamischer Druck). Hat das Öl die Drossel durchflossen, dann tritt es in das Ausdehnungsgefäß über und erhöht dadurch den Ölspiegel in dem Gefäß. Damit entsteht ein h y d r o s t a t i s c h e r Druck H.

A Druckkammer-Absperrventil
B Ölabschluß mit Kontaktgebung *L*
C Drosselschieber
D Druckkammer
E Füllöffnung
F Kontakt-Druckmesser
G Absperrung
H Gasauffangrohr
I Druckfernsender
K Ausdehnungsgefäß
N, Ö niedrigster bzw. höchster Ölstand

Abb. 1. Schematische Darstellung des Schutzes.

Der Schutz besitzt einen Druckmesser F, der in seiner Anordnung die Summen der beiden Drücke, also $h + H$ mißt. Erreicht oder übersteigt die Summe der beiden Drücke einen bestimmten Wert, dann wird ein Alarm oder der Transformatorschalter betätigt.

Der Staudruck h ist der durch das Verbindungsrohr und die hier eingebaute Drossel in der Zeiteinheit fließenden Ölmenge q verhältnisgleich. Aus dem Transformatorkessel fließt durch das Verbindungsrohr nur so lange Öl, als die Temperatur des Öls im Steigen ist. Ist die konstante Endtemperatur erreicht, dann ist $q = 0$. Daraus folgt, daß q und damit h verhältnisgleich der Temperaturänderung $\frac{d\vartheta}{dt}$ ist. Der Staudruck h ist demnach verhältnisgleich der Temperaturänderung des Öls nach der Gleichung:

$$\frac{d\vartheta}{dt} = \Theta \left[\frac{1}{\mathfrak{Z} - \mathfrak{z}} \left(e^{-t/\mathfrak{Z}} - e^{-t/\mathfrak{z}} \right) \right].$$

Der hydrostatische Druck H ist bei gegebenem Ausdehnungsgefäß der bis zu einem bestimmten Zeitpunkt in dieses übergeflossenen Ölmenge verhältnisgleich, also dem Wert $\int q \cdot dt$. Dieses Integral ist aber dargestellt durch

[1] Die Gleichungen entstammen Untersuchungen von Prof. S c h w a i g e r, T. H. München. Siehe auch Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 473.

die Gl. (1). Es ist also die Summe der Drücke gegeben durch die Beziehung:

$$\frac{h+H}{\Theta} = k_1\left[1 - \frac{1}{\mathfrak{T}-\mathfrak{z}}\left(\mathfrak{T}\,e^{-t/\mathfrak{T}} - \mathfrak{z}\,e^{-t/\mathfrak{z}}\right)\right] + k_2\left[\frac{\mathfrak{T}}{\mathfrak{T}-\mathfrak{z}}\left(e^{-t/\mathfrak{T}} - e^{-t/\mathfrak{z}}\right)\right]. \qquad (3)$$

Die beiden Faktoren k_1 und k_2 können unabhängig voneinander eingestellt werden: k_1 dadurch, daß man für das Ausdehnungsgefäß einen bestimmten Querschnitt wählt, und k_2 dadurch, daß man eine geeignete Drosselung einstellt.

Abb. 2. Druck bei Abschaltung des Transformators.

Vergleicht man nun Gl. (3), welche den Verlauf der Drücke $h + H$ darstellt, mit der Gl. (2), so erkennt man, daß Drücke und Wicklungstemperatur den gleichen Verlauf haben, d. h. der Schutz bildet den Temperaturverlauf der Wicklung getreu nach.

Unberücksichtigt bleibt, daß auch durch die Erwärmung des Kupfers und Eisens des Transformators eine Ölverdrängung aus dem Transformatorkessel in das Ausdehnungsgefäß stattfindet. Diese Volumenänderungen machen jedoch im Verhältnis zur Änderung des Ölvolumens nur etwa 1 % von diesem aus, so daß sie vernachlässigt werden können. Desgleichen bleibt unberücksichtigt, daß gewisse Ölkesselbauarten bei der Zunahme des Drucks sich ausweiten, so daß weniger Öl aus dem Kessel strömt, als wenn dieser starre Wände hätte. Dies kann durch entsprechend engere Drosselschiebereinstellung ausgeglichen werden.

Die richtige Einstellung des Drosselschiebers, die nur in einer einzigen bestimmten Stellung besteht, wird am abgeschalteten betriebswarmen Transformator vorgenommen. Es findet hierbei infolge Abkühlung des Öls eine Ölströmung vom Ausdehnungsgefäß zum Transformator statt. Wird die Temperatur des Kühlmittels (Wasser, Luft) dabei konstant gehalten, so ist diejenige Drosselstellung richtig, bei der der Druck $h + H$ nach anfänglich stärkerer Abnahme gleichmäßig bleibt, auch wenn der Ölstand im Ausdehnungsgefäß dauernd abnimmt. In der Abb. 2 sind die Druckverhältnisse an einem betriebswarmen, abgeschalteten Transformator bildlich dargestellt. Der Druck $h' + H'$ nimmt bei richtiger Drosselschieberstellung sofort mit dem Abschalten des Stromes ab, da der Übergang der in der Wicklung enthaltenen Wärme auf das Öl mit dem Unterbrechen des Stroms abnimmt und zu Null wird, wenn der Temperaturunterschied zwischen Wicklung und Öl verschwunden ist.

Aus der Gl. (3) wird für den Fall, daß $k_1 : k_2$ richtig gewählt und an Stelle der Endübertemperatur Θ die konstant bleibende Kühlmitteltemperatur Θ' tritt, die Druckabnahme:

$$h' + H' = \left(1 - e^{-t/\mathfrak{z}}\right) a,$$

wobei $a = 100\,\%$ der Druckabnahme vom Augenblick der Abschaltung bis zur Kühlung des Öls auf Kühlmitteltemperatur darstellt. Die Zeit, nach welcher die Druckkurve h' ihre tiefste Absenkung erreicht, bestimmt sich nach der Gleichung:

$$t_m = \frac{\mathfrak{T}\cdot\mathfrak{z}}{\mathfrak{T}-\mathfrak{z}} \ln \frac{\mathfrak{T}}{\mathfrak{z}}.$$

Für die Einstellung des Drosselschiebers gilt demnach: Steigt der Druck $h' + H'$ nach Umfluß der Zeit t_m an, so ist die Drosselung zu stark. Fällt er, so ist sie zu niedrig. Die Drosselschiebereinstellung ist demnach einfach vorzunehmen, da sie weder nach bestimmten Temperaturwerten noch nach den Zeitkonstanten vorgenommen werden muß.

Die Schutzeinrichtung ist nicht nur für die Überwachung der verhältnismäßig geringen Volumenänderungen brauchbar, sondern sie ist auch infolge ihrer hohen Empfindlichkeit gegen Volumenänderungen als Fehleranzeigegerät gut geeignet, nachdem fast alle im Transformator auftretenden Fehler infolge der Bildung von Ölgasen Volumenmehrungen mit sich bringen. Die Bildung von Gasen im Öl des Transformators geht in den meisten Störungsfällen so vor sich, daß durch unzulässige Überlastung oder durch Windungsschluß die Wicklung oder Teile derselben so heiß werden, daß ein Verdampfen des umgebenden Öls eintritt. Die Dämpfe kondensieren zwar zum allergrößten Teil wieder, sobald sie mit den benachbarten kälteren Ölschichten in Berührung kommen[2]). Trotzdem bringt die Bildung von Öldämpfen infolge Übererwärmung der Wicklung oder Teile derselben eine solch starke Volumenzunahme mit sich, daß der empfindlich

Abb. 3. Transformator mit angebautem Schutz (Buchstabenerklärung siehe Abb. 1).

[2]) H. Schwenkhagen, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 46 (1928) S. 1042.

arbeitende Schutz schon vor Eintritt dieses Zustandes infolge der der Gasbildung vorausgehenden einfachen Volumenvergrößerung des Öls anspricht. Die Isolation einer übererwärmten Wicklung wird beim Auftreten von Gasen oder Dämpfen einer Temperatur von 150 bis 170 °C ausgesetzt, so daß sie Schaden leidet und je nach der Zeitdauer der Übererwärmung in kürzerer oder längerer Zeit unbrauchbar wird. Es ist ein Vorzug des neuen Schutzes, daß dieser Zustand der Schädigung der Transformatorenwicklung nicht als Voraussetzung für das Arbeiten der Schutzeinrichtung bei einer thermischen Überbeanspruchung der Wicklung notwendig ist.

Beachtung verdient auch die Überwachung kleiner und kleinster Gasblasen, wie sie bei angehenden Fehlern auftreten. Wenn auch solche Fehler noch keine Gefahr bringen, so ist es doch erwünscht, sie aufmerksam zu verfolgen, um rechtzeitig eingreifen zu können. Auf solche Fehlerfälle arbeitet der Schutz nach zwei Richtungen. Die mit dem Entstehen der kleinen Gasblasen bedingte Volumenänderung wirkt sich nicht so stark auf die Ölströmung im Verbindungsrohr aus, daß die zum Alarmieren notwendige Drucksteigerung erreicht wird. Würde aber eine so starke örtliche Erwärmung eintreten, daß Öldämpfe erzeugt werden und als solche bestehen bleiben, so kommen ganz bedeutende Ölverdrängungen zustande, die den Schutz sehr rasch zum Alarmieren bringen, nachdem die Drosselöffnung die andauernde große Ölverdrängung nicht ohne Anstau- und Druckbildung zuläßt. Geht jedoch die Gasbildung in einzelnen Blasen vor sich, so daß jede Blase vom umgebenden Öl abgekühlt und größtenteils wieder kondensiert wird, so kann nur eine verhältnismäßig kleine Gasmenge und damit eine geringe Ölverdrängung stattfinden. Diese Fehlerart wird durch Auffangen des Gases erfaßt, und zwar an der Stelle, wo die Gasblasen in den Schutzapparat eintreten. Hier werden sie, da sie am oberen Rande des Verbindungsrohres entlang gleiten, in das Auffangrohr (Abb. 1) abgeleitet. Sie verdrängen aus diesem das Öl und setzten dadurch den Gasraum unter den Druck der Ölsäule (*b*). Die Folge ist, daß der am Ende des Auffangrohres sitzende Ölabschluß *B*, der vor dem Eindringen von Gas in das Auffangrohr beiderseits unter gleichem Druck steht, durchbrochen wird, das Gas in die Druckkammer wandert und hier ebenfalls das Öl verdrängt, so daß der Alarmdruck erreicht wird. Auf diese Weise wird mittels des schreibenden Gerätes, das vom Druckfernsender gesteuert wird, die Art der Druckbildung (gleichmäßig oder stoßweise) festgelegt, so daß hieraus Schlüsse auf die Vorgänge im Transformator gezogen werden können. Eine noch weitergehende Überwachung erreicht man dadurch, daß man in dem Ölabschluß am oberen Ende des Gasauffangrohrs eine Kontakteinrichtung (*L*) einbaut, die bei einem jedesmaligen Verlagern der Abschlußflüssigkeit in den U-Rohrschenkeln oder beim Durchbrechen des Ölabschlusses durch das Gas alarmiert.

Während des Übertritts von Gas aus dem Auffangrohr in die Druckkammer geben natürlich die an die Druckkammer angeschlossenen Druckmesser keine richtigen, der Temperatur der Wicklung entsprechenden Angaben. Dies ist erst wieder der Fall, wenn durch kurzzeitiges Umstellen des Abschlußventils (*A*) die Druckkammer unter Außenluftdruck gesetzt wird.

Wo elektrische Überschläge mit großer Leistung unter Öl stattfinden und bestehen bleiben, wie dies bei Unterbrechung der Strombahn im Transformator der Fall sein kann, können im Bruchteil einer Sekunde so große Gasmengen entstehen, daß im Transformatorkessel große Überdrücke auftreten. Die Druckwelle wird sich in der Richtung des geringeren Widerstandes, den die luftgefüllte Druckkammer des neuen Schutzes darstellt, rascher fortpflanzen als da, wo der Ölinhalt einer langen Rohrleitung auf eine bestimmte Geschwindigkeit beschleunigt werden muß, ehe die Kontaktgebung für eine Abschaltung erfolgt.

Die praktische Ausführung des Schutzes läßt verschiedene Möglichkeiten zu. Abb. 3 zeigt die Aufnahme eines Großtransformators mit eingebautem Schutz. Der vor dem Drosselschieber eingebaute Druckraum kann an Stelle des nachgiebigen Flüssigkeitsabschlusses (Öl) auch mit festem Abschluß ausgeführt werden, was namentlich da am Platze ist, wo in Form eines Auspuffkamins am Transformator dafür Sorge getragen ist, daß plötzlich auftretende starke Überdrücke im Transformator sich ohne Zerstörung nach außen ausgleichen können.

Der Druckbereich, in dem der Schutz arbeitet, wird durch den Druck der Ölsäule zwischen dem höchsten und niedrigsten Ölstand im Ausdehnungsgefäß begrenzt. Die Beziehung zwischen einem bestimmten Ölstand im Ausdehnungsgefäß und der hierbei bestehenden mittleren Öltemperatur wird bei Inbetriebnahme und Einstellung des Schutzes festgelegt, etwa: Ölstand über N (niederster Ölstand) gleich Null entspricht + 5 °C Öltemperatur, und 1 °C Öltemperaturänderung entspricht 10 mm Ölstandsänderung. Hiernach erfolgt die Kontakteinstellung am Druckmesser. Der erste Höchstkontakt am Druckmesser ist Alarmkontakt, der zweite Höchstkontakt wird so geschaltet, daß er je nach der Steilheit der Druckanstiegskurve eine verschiedene Wirkung hat. Bei langsamem Anstieg des Drucks zwischen erstem und zweitem Höchstkontakt bleibt nur die Alarmierung bestehen. Geht der Druckanstieg jedoch rasch vor sich, so schaltet der zweite Höchstkontakt den Transformator ab.

Abb. 4. Meßstreifen von zwei parallel laufenden Transformatoren.

Läßt man die Druckangaben mehrerer Transformatoren oder die zu einem Drehstromtransformator gehörigen Einphasentransformatoren auf ein schreibendes Gerät aufzeichnen, so müssen die Druckkurven parallel verlaufen, wenn die Transformatoren gleich sind, keine Unregelmäßigkeiten in der Kühlung vorliegen, oder Fehler im Transformator sich vorbereiten. Diese Überwachung mittels eines Druckschreibers stellt eine ideale Kontrolleinrichtung dar. In Abb. 4 sind die mit einem Zweifach-Punktschreiber aufgenommenen Druckkurven von zwei parallel arbeitenden Transformatoren dargestellt. Die Kurven zeigen die große Empfindlichkeit des Schutzes an den Druckschwankungen, die durch mäßige Betriebslastschwankungen hervorgerufen werden.

Der Schutz ist seit mehreren Jahren im In- und Ausland praktisch erprobt. Mit Hilfe seines Kontaktdruckmessers lassen sich auch Reservetransformatoren oder Maschinen von einem Steuertransformator selbsttätig aus- und einschalten. Auch für alle sonstigen elektrischen Apparate, die Öl als Wärmeträger verwenden, wie Kondensatoren, Ölkabel usw., ist die Schutzeinrichtung als zuverlässiges Überwachungsgerät brauchbar.

NACHRICHTEN AUS DER INDUSTRIE.

Niederspannungsschalter.

DK 621.316.5.027.2

Die von Metzenauer & Jung auf den letzten beiden Messen gezeigten Schütze für besonders angestrengte Betriebe mit hoher Schalthäufigkeit wurden in verschiedenen Typen folgerichtig weiterentwickelt. Abb. 1 zeigt ein dreipoliges **Luftschütz** für Drehstrom, für eine Dauerbelastung von 40 A. Als neuartig fällt bei dieser Konstruktion ins Auge, daß alle spannungführenden Isolierteile aus keramischem Werkstoff bestehen. Da es schwierig ist, keramische Stücke von größeren Abmessungen vollkommen eben herzustellen, sind die Isolierteile in einzelne Blöcke aufgeteilt, so daß jedes Kontaktstück und jeder Pol auf einem besonderen Isolierstück befestigt sind. Dadurch ergibt sich der weitere Vorteil, daß die Kriechwege groß werden. Die ohnehin hohe Kriechstromfestigkeit des keramischen Isolierstoffes wird dadurch soweit erhöht, daß diese Schütze auch unter den ungünstigsten Betriebsverhältnissen in stark feuchten oder staubhaltigen Räumen ohne besondere Kapselung verwendet werden können. Die reichlich bemessenen keramischen Blöcke sind sehr fest, so daß auch bei vielen Hunderten von Schaltungen in der Stunde die Betriebstüchtigkeit des Schaltgerätes in keiner Weise leidet. Die einzelnen Isolierblöcke sind auf einer gepreßten Grundplatte aus Metall aufgeschraubt, in welcher ein Teil des Magnetjoches versenkt ist, so daß die gesamte Bauhöhe des Schützes niedrig wird. Die einzelnen Schütze lassen sich bequem unmittelbar nebeneinander auf Schaltgerüsten zusammenreihen. Für eine ausreichende Zahl von Hilfskontakten ist gesorgt. Auch die Hilfskontakte sind auf keramischen Blöcken befestigt, so daß sie die gleichen mechanischen und elektrischen Eigenschaften aufweisen wie die Hauptkontakte. Die Form der Kontakte selbst entspricht der bewährten Wälzkontaktform der FANAL-Schütze. Das Schütz kann übrigens mit einem angebauten Verzögerungswerk ausgerüstet werden, um durch das Einschalten eines weiteren Stromkreises mit beliebiger Verzögerung weitere Schaltvorgänge einzuleiten bzw. durchzuführen. Auch rückwärtige Kontakte kann man anbringen, so daß die Schütze als Netzumschalter oder Sterndreieckschütze verwendbar sind.

Abb. 1. Drehstrom-Luftschütz, 40 A.

Den praktischen Bedürfnissen entsprechend hat auch die A E G eine neue **Luftschützreihe** entwickelt. Die Schütze, in vier- und achtpoliger Ausführung, sind für Wechselstrom bis 10 A Nennstrom und Spannungen bis 500 V verwendbar. Sie zeichnen sich durch sehr gedrängte und übersichtliche Bauform aus (Abb. 2). Die Kontakte haben je Pol doppelte Unterbrechung und besitzen Silberkalotten. Beachtenswert ist der geringe Verbrauch der Schützspule, die zum Halten nur eine Leistung von 10,6 VA und zum Einschalten nur 66 VA benötigt. Durch Vereinigung zweier Schütze, die nebeneinander angeordnet werden, entsteht das Umschaltschütz. Es besitzt außer der elektrischen Verriegelung noch eine mechanische Verriegelung der Schaltstellung. Das ferner neu entwickelte dreipolige Wärmerelais in Kastenform mit den kleinen Abmessungen 50 × 75 × 30 mm, das ebenfalls für Nennströme bis 10 A zur Verfügung steht, ergänzt die Schütze zu Motorschutzschaltern für Fernbedienung.

Abb. 2. Luftschütz, 10 A, für Fernbedienung.

Weiterhin hat die A E G neue **Sterndreieckschalter** entwickelt mit im Schaltergehäuse eingebauten Sicherungen für unverzögerte oder verzögerte Patronen. Diese neuen Sterndreieckschalter (Abb. 3) werden für Stromstärken von 15 und 25 A und für Spannungen bis 500 V gebaut. Als Gehäuse dient ein kräftiges Gußgehäuse, dessen Deckel derart verriegelt ist, daß er nicht geöffnet werden kann, wenn der Schalter nicht auf Nullstellung steht. — Außer den handbetätigten Sterndreieckschaltern gibt es auch noch **selbsttätig umschaltende** fernbedienbare **Sterndreieckschalter** mit Motorschutzeinrichtung. Eine neue, kleinere Type dieser Schalterform ist ein Ölschalter für 16 A Nennstrom, Spannungen bis 500 V Ds. Der Schalter hat insgesamt sechs Wärmeauslöser, die den Motor in allen Betriebsschaltungen sicher schützen. Ein mechanisches Umschaltrelais, zwischen 3 und 10 s einstellbar, sorgt für die Umschaltung von Stern- auf Dreieck. Die elektrische und mechanische Verriegelung bewirkt eine Wiedereinschaltsperre für die Wärmeauslöser, so daß die Schalter auch mit Dauerkontaktgebern gesteuert werden können. Bei Bruch einer Phase oder Steuerleitung löst der Schalter sofort aus und läßt sich nicht wieder einschalten. Gegen Kurzschlußgefahr sind noch Sicherungen vorzuschalten, für die ein besonderes Gehäuse als Zwischenstück für den Anbau an Sammelschienenkasten vorgesehen ist, auch ein Strommesser kann hier eingebaut werden.

Abb. 3. Sterndreieckschalter, 25 A, 500 V.

Einheitliche Baugrundsätze mit dem Ziel, eine höhere Lebensdauer zu erreichen, lassen u. a. die **Walzenschalter** der F. Klöckner K. G. erkennen. So war die noch zu große Abnutzung der Kontakte allein durch Reibung zu vermindern, die Schaltachsen mußten verstärkt und alle Drücke auf ein gleichbleibendes, vorausbestimmtes Maß gebracht werden. Einige Abmessungen wurden vergrößert, und das gab anderseits kleinere Drücke an den Kontakten und Rastungen. An den Lagerstellen reibt jetzt Metall gegen Kunstharz, was die Lebensdauer der Lagerung schon 25fach steigert. Durch entsprechende Aufteilung der Fingerleisten und Walzenkörper wurde es möglich, mit zwei verschiedenen Fingerleisten Walzen verschiedener Länge zusammenzusetzen mit 2, 3, 4 ... 7, 8 usw. Fingern. Bei Einbaugeräten besonders bleibt damit die Länge des Schalters auf das unbedingt notwendige Maß beschränkt.

Nostitz & Koch, Chemnitz, zeigen als Neudurchbildung einen druckknopfbetätigten **Klein-Motorschutzschalter.** Dieser dreipolige Schutzschalter (Abb. 4) wird in fünf Einstellbereichen bis maximal 16 A hergestellt, Betriebsspannung bis 500 V. Der Motorschutzschalter besitzt die übliche Bauweise mit drei thermisch verzögerten Bimetall-Auslösern, die indirekt beheizt sind. Die Auslösekennlinie ist durch die Beheizung besonders gut den bei häufigem Schalten auftretenden Verhältnissen angepaßt. Als weiterer Schutz sind im Verhältnis 1 : 2 verstellbare Schnellauslöser eingebaut, die bei rund sechsfachem Nennstrom ansprechen und durch ihre Aufwärtsregelung erlauben, die Grenze der Schutzwirkung des Schalters möglichst nahe an den Einschaltstoß des Motors heranzulegen. Die Kupfer-Kontaktstücke sind auswechselbar; das Schaltschloß wurde nach dem bewährten Prinzip der Kraftschlösser der Selbstschalter dieser Firma gebaut. Es ruht in einem leicht auswechselbaren Rahmen. Es ist reichlich Raum zur Einführung der Leitungen vorhanden. Die vier Ausführungsarten des Gerätes sind so gewählt, daß Unter- und Aufputzleitungseinführung möglich ist sowie Wand- und Schalttafelmontage. Außerdem wird noch eine versenkte Einbauform für Werkzeugmaschinen hergestellt. Die Schutzarten steigern sich von P 00 bis zu P 41.

Abb. 4. Klein-Motorschutzschalter.

Für besondere Zwecke ist ein **Druckschalter mit umgekehrter Wirkungsweise** bestimmt, den Ludwig Richter, Görlitz, entwickelt hat. Während der normale Druckschalter bei steigendem Druck ausschaltet, schaltet dieser bei steigendem Druck ein und bei fallendem Druck aus. Dieser Druckschalter ist genau wie der normale bis 6 atü verwendbar. Der von der Firma im vergangenen Jahr herausgebrachte 10 A-Motorschutzschalter wird künftig durch Einbau einer Funkenkammer in seiner Schaltleistungsgrenze gesteigert. Gezeigt wird schließlich noch ein 15 A-**Luftschütz** mit und ohne Blasspulen und anzubauendem thermischen Relais.

Die Calor-Emag, Ratingen b. Düsseldorf, hat einen **verzögerten Spannungs-Rückgangs-Auslöser** für Wechsel- oder Drehstromschalter entwickelt, der ohne bewegte Teile arbeitet. Der betr. Schalter erhält eine Gleichstrom-Nullspannungsspule und parallel zu dieser wird ein Kraftspeicher geschaltet in Form eines Kondensators, der über Trockengleichrichter aus dem Wechselstromnetz stets aufgeladen gehalten wird. Beim Ausbleiben der Wechselspannung entlädt sich die Energie des Kondensators über die Spule, die also den Schalter noch eine bestimmte Zeit festhält. Die Verzögerungszeit läßt sich mit Hilfe eines zum Kondensator parallelliegenden Widerstandes einstellen. Der Eigenverbrauch der Einrichtung ist erheblich geringer als bei Wechselstrom (wichtig für Spannungswandler-Anschluß). Die Verzögerungseinrichtung kann an einer beliebigen Stelle getrennt vom Schalter aufgebaut werden.

Die Zeit der zögernden Einführung der **Edelkohle** als Werkstoff **für Kontaktstücke** ist vorüber, die anfängliche Abneigung, Kupfer gegen Kohle auszutauschen, überwunden.
Die Praxis hat die Überlegenheit der Edelkohle bewiesen, die darin besteht, daß sie im Lichtbogen unschmelzbar ist, selbstschmierend wirkt und eine hohe Lebensdauer aufweist. Die erwähnte Unschmelzbarkeit der im elektrischen Ofen bei etwa 3000° C graphitierten Kunstkohle verhindert das Bilden von Schmelzperlen oder das Festschmoren der Kontakte. Mit Edelkohle-Kontakten ausgerüstete Kontroller sind also betriebssicher. Ferner wirkt die Edelkohle durch den Graphitgehalt selbstschmierend. Da die Kontroller nicht geschmiert oder eingefettet werden, erübrigt sich praktisch eine Wartung. Hinzukommt, daß sich die Kontakte außerordentlich leicht betätigen lassen, was besonders bei Meisterwalzen-Schaltern u. a. eine große Erleichterung in der Bedienung mit sich bringt. Die Ringsdorff-Werke K.G., Mehlem a. Rh., stellen derartige Kontakte aus Edelkohle zur Schau.

Fernmeldetechnik.

DK 621.39

In der Entwicklung der Fernmeldetechnik nimmt die Mehrfachausnutzung der Leitungen durch die Anwendung von Trägerfrequenzen bereits seit mehreren Jahren einen breiten Raum ein. Der Übergang zu leichterer Pupinisierung und damit die Erhöhung der Grenzfrequenz brachten zusammen mit der konstruktiven Verbesserung der Geräte wesentliche Fortschritte auf diesem Gebiet. Da die Anlagen im wesentlichen von den Postverwaltungen gebraucht werden, haben selbst fachlich interessierte Kreise verhältnismäßig selten Gelegenheit, sich über den Aufbau der Einrichtungen zur Mehrfachausnutzung zu unterrichten. Aus diesem Grunde ist es dankenswert, daß Siemens & Halske auf ihrem Messestand eine betriebsfertig geschaltete Vorführanlage für die **Mehrfachausnutzung einer Freileitung** aufgebaut haben. Die Anordnung ist so getroffen, daß auch der fachlich weniger Vorgebildete einen guten Einblick in dieses Gebiet erhält, dessen Auswirkungen sich bis in das tägliche Leben des einzelnen erstrecken. Wie der in Abb. 1 gezeigte Verkehrsplan der Vorführanlage erläutert, ist die Freileitung zunächst mit einem Kanal für die Unterlagerungstelegraphie belegt, u. zw. dient dieser Kanal zum Betrieb einer Fernschreibverbindung. Weiterhin nimmt die Freileitung einen niederfrequenten Fernsprechkanal auf sowie drei trägerfrequente Ferngespräche, die in verschiedenen Frequenzbereichen übertragen werden. Für jede Verbindung sind dabei zwei Frequenzbänder nötig. Hergestellt werden sie mit Hilfe eines neu entwickelten Kleingerätes, das Sender, Empfänger, Verstärker und Netzanschlußgerät vereinigt. Gleichzeitig wird an dieser Vorführanlage die Fernwahl erläutert, bei der bekanntlich die von der Wählscheibe ausgehenden Gleichstromimpulse vor ihrem Eintritt in die Fernleitung in Wechselstromimpulse umgeformt werden. Um die Mehrfachausnutzung deutlich zu machen, sind auf der Wand hinter der Freileitung Leuchtkanäle in verschiedenen Farben vorgesehen. Sie leuchten auf, sobald durch einen Wählvorgang die Sprechkanäle bzw. der Kanal für die Unterlagerungstelegraphie belegt sind.

VW Vorwähler
LW Leitungswähler
FLW Fernleitungswähler
MK 1 ... 3 Trägerfrequenz-Fernsprechgeräte Type MK
UT Weiche Unterlagerungstelegraphie-Weiche
MK Weiche Weiche für MK-Geräte

Abb. 1. Vorführanlage zur Mehrfachausnutzung einer Freileitung.

Das rechte Amt der Vorführanlage — in Abb. 1 als Ortsamt B bezeichnet — dient gleichzeitig zur Vorführung des sog. Drahtfunks, bei dem bekanntlich die zu den Teilnehmern führenden Fernsprechleitungen auf trägerfrequentem Wege gleichzeitig ein oder mehrere Rundfunkprogramme übertragen. In der Leipziger Anlage werden auf die Fernsprechleitungen gleichzeitig drei Rundfunkprogramme gegeben.

Die Deutsche Telephonwerke u. Kabelindustrie AG. zeigt in diesem Jahr u. a. ein Muster ihrer **Kleinwählerzentralen** „Vox-Telemat" für 1 Amtsleitung, 4 Sprechstellen, dgl. für 1 Amtsleitung, 10 Sprechstellen, ferner eine mittlere W-Nebenstellenzentrale und als Besonderheit die Groß-„Vox-Telemat"-**Zahlengeberzentrale** mit beliebiger Ausbaufähigkeit, mit Tastatur für die Weitervermittlung ankommender Amts-

gespräche. Als Neuentwicklung wird eine **Luftschutzzentrale** erstmalig gezeigt, die den heute gültigen behördlichen Vorschriften in jeder Beziehung entspricht.

Die Telefonbau und Normalzeit G. m. b. H., Frankfurt a. M., bringt neben ihren bisher erzeugten **Rufsignalmaschinen** von 2,5, 7,5 und 15 VA Rufleistung zwei ganz neue, verbesserte Typen von 1 und 5 VA heraus. Die neuen Modelle (Abb. 2) zeichnen sich durch konstruktive Verbesserungen, gefällige Form, gedrängten Bau und geringes Gewicht aus. Die Gehäuse bestehen aus Elektron-Spritzguß und umschließen die Wicklungen und umlaufenden Teile fast vollkommen. Beide Maschinen sind Einanker-Sparumformer für Batterie- oder Gleichrichterbetrieb und geben über einen Umspanner einen Rufstrom von 25 Hz in jeder üblichen Spannung ab. In einem neuartigen, feststehenden Polkreis wird ein Summerstrom von 450 Hz und 4 V erzeugt; dadurch sind Störungen, die durch Gleitkontakte verursacht werden, vollkommen vermieden. Neuartig sind auch die aus Kunstharzpreßstoff hergestellten Bürstenhalter, Schraubenräder des Untersetzungsgetriebes und die paarweise gepreßten Signalnocken.

Abb. 2. Rufsignalmaschine, 5 VA.

Auch die Aufgaben der Feuermeldetechnik sind in den letzten Jahren erheblich gewachsen. So arbeitet man jetzt über die Feuermeldeschleifen mit Tonfrequenz, um die vielfachen Sonderaufgaben zu lösen: Fernsteuerung von Luftschutzsirenen, von Straßenbeleuchtung, Einzelanruf von Polizei- und sonstigen Straßenmeldern von der Feuerwache aus, gruppenweise Alarmierung verschiedener Löschzüge, ohne daß die Schleifenleitung deswegen in Gruppen aufgeteilt zu werden braucht, usw. Zusammen mit Frequenzrelais und Frequenzweckern, die für Sicherheitsschaltung vorgesehen sind, ist auch die Entwicklung der **Frequenzgeneratoren** erfolgt. Man verlangt heute von ihnen, daß sie, einmal eingeschaltet, die erzeugte Frequenz möglichst genau einhalten, und zwar auch über längere Zeit hinaus ohne wesentliche Pflege oder Nachregelung. Spannungsschwankungen von $\pm$ 20% und Belastungsschwankungen von 0 bis 100% dürfen praktisch keine Frequenzänderungen hervorrufen.

Von der Telefonbau u. Normalzeit G. m. b. H. werden drei Typen selbstregelnder Frequenzgeneratoren gebaut. Für Kleinanlagen dient ein Generator mit 15 W Leistung (Abb. 3). Er kann durch Umsteuerung 2 Frequenzen (204 und 272 Hz) abgeben und arbeitet nach dem Tonrad-Prinzip. Die Regelung erfolgt unmittelbar durch einen Fliehkraftkontakt in bekannter Weise durch Feldverstärkung. Dem Generator kann außerdem Rufstrom von 34 Hz aus dem Antriebsanker mit einer Leistung von etwa 30 W entnommen werden. Der Regler ist rechts außen angebracht. Es sind zwei Regelkontakte vorgesehen, die für jede Frequenz eingeschaltet werden. Zwischen 21 und 28 V wird bei 24 V Nennbetriebsspannung eine Regelgenauigkeit von etwa $\pm$ 0,6% erzielt. — Für Großanlagen wird ein Generator mit 120 W Leistung gebaut, der als Einanker-Umformer ausgeführt ist. Außerdem wird ein Frequenzgenerator gebaut, der 10 Frequenzen im Bereich von 102 bis 340 Hz und Rufstrom von 20,4 bzw. 34 Hz abgibt. Die Leistung jeder einzelnen Frequenz ist im Mittel 50 W. Dieser Generator arbeitet nach dem Stromwender-Prinzip.

Abb. 3. 15 W-Tonfrequenzgenerator.

Neben den bisher behandelten „Groß"-Anlagen sind selbstverständlich auch das Heimtelephon und Haussignalanlagen auf der Messe gut vertreten. Die Haustelegraphie erfüllt neben ihren ureigensten Funktionen als Nachrichtenmittel auch andere Aufgaben, wie etwa die Personenbenachrichtigung durch **Signaltransparente** in der bekannten Form für Ärzte, Apotheken, Tankstellen und Hotels; derartige Teile zeigt z. B. die Fa. Monopol, Leipzig; sie stellt ferner neu durchgebildete **Flachtretkontakte** aus, die zur Betätigung von Klingeln dienen und unter den Teppich gelegt werden.

An Rundfunkempfängern bietet die Messe im allgemeinen die auf der vorangehenden Berliner Rundfunk-Ausstellung als Neuheiten gezeigten Typen. Auf eines dieser in der ETZ bisher nicht erwähnten Geräte, den Telefunken-**Spitzensuper** T 898 sei hier kurz eingegangen. Die „Leuchtbandskala" dieses Gerätes zeigt die Stationsnamen auf vier Glasstreifen verteilt. Bei dem jeweils eingeschalteten Bereich leuchtet nur die Schrift auf; erreicht wird dieser Effekt durch Ausnutzung der totalen Reflexion. Der Empfänger besitzt die neuen Stahlröhren: EF 13 als Vorrohr, ECH 11 als Mischrohr, EBF 11 als Zwischenfrequenz-Verstärkerrohr und Gleichrichter, EFM 11 (mit magischem Auge) als Niederfrequenzrohr und als optische Anzeige für genaue Sendereinstellung, EL 12 als Endrohr und AZ 12 als Netzgleichrichter. Dazu kommen noch zwei Hilfsröhren für die selbsttätige Scharfabstimmung, eine EB 11 und eine EF 12. Die erstgenannte liefert bei ungenauer Sendereinstellung dadurch, daß Senderfrequenz und Oszillatorfrequenz nicht genau die dem Gerät eigene Zwischenfrequenz ergeben, eine bestimmte Steuerspannung, die die als veränderliche Induktivität wirkende EF 12 in den Stand setzt, den Oszillator auf den fehlenden Betrag nachzustimmen. Die selbsttätige Scharfabstimmung wirkt noch auf eine Fehlabstimmung von max. $\pm$ 4,0 kHz. Im ganzen sind neun Kreise vorgesehen: 2 Vorkreise, 2 Kreise im 1. Zwischenfrequenzfilter, 3 Kreise im 2. Zwischenfrequenzfilter, 1 Ankopplungskreis für die selbsttätige Scharfabstimmung und der Oszillatorkreis; die Bandbreite wird kontinuierlich in den beiden Zwischenfrequenzfiltern und gleichzeitig in der Niederfrequenz geregelt. Gegen das störende 9 kHz-Pfeifen ist eine Sperre eingebaut. Die Endpentode EL 12 stellt die heute größte Rundfunkendröhre dar, sie gibt eine Nutzleistung von etwa 8 W ab; der Lautsprecher hat eine Nawi-Membran von 30 cm Durchmesser.

Bei der Aufstellung von Rundstrahlern kann sich gelegentlich störend bemerkbar machen, daß die hohen Tonfrequenzen in einer verhältnismäßig schmalen Kreiszone um den Rundstrahler gut vernehmbar sind, während in der inneren und äußeren Zone die tiefen Töne überwiegen. Diese ungleichmäßige Verteilung der Schallwellen kann durch die Anwendung des neuen Körting-**Hochtonzusatzes** einfach überwunden werden. Dieser strahlt die Schallwellen hoher Frequenz rings um den Rundstrahler gleichmäßig aus, so daß die Sprachverständlichkeit in dem ganzen versorgten Kreisbereich besser wird. Auch die Musik, vor allem Marschmusik, gewinnt an Klangfülle. Weiterhin bringt der Einbau des Hochton-Zusatzes noch den Vorteil einer besseren Ausnutzung der Verstärkerleistung, denn die bessere Verteilung der Schallwellen hoher Tonlage über den

ganzen mit Schall versorgten Bereich wirkt sich in einer Steigerung der tatsächlichen Lautstärke aus.

In den Hochtonzusatz sind drei Hochton-Lautsprecher so eingebaut (Abb. 4), daß eine möglichst gleichmäßige Ausstrahlung im richtigen Neigungswinkel nach allen Seiten erfolgt. Durch einen eingebauten Anpassungstransformator kann der Hochtonzusatz an den Ausgang eines jeden Kraftverstärkers angepaßt werden; er wird parallel mit dem Großlautsprecher des

Abb. 4. Hochtonzusatz für Rundstrahler, bestehend aus drei Hochtonlautsprechern mit stufenweiser Regelung.

Rundstrahlers angeschlossen, indem der Anpassungstransformator des Hochtonzusatzes auf die gleiche Ohmzahl geschaltet wird wie der Großlautsprecher. Eine eingebaute Regelvorrichtung ermöglicht die beliebige Einstellung des Anteils, den die Hochtonwiedergabe an der Gesamtlautstärke hat.

Der T-Regler von Konski & Krüger, Berlin, ein **frequenzunabhängiger Lautstärkeregler** in T-Schaltung, dient zur verzerrungsfreien Regelung der Lautstärke im gesamten Frequenzbereich. Er wird im Rahmen der Rundfunk-Sendeeinrichtung zwischen Mikrophon und Verstärker eingeschaltet und ist so gebaut, daß er in Schalttafeln, Verstärker- und Regietische eingesetzt werden kann. Wie das Schaltbild (Abb. 5)

Längswiderstand (64 Kontaktstufen)
29 Widerstands-Spulen
A(A₁) 200 Ω 200 Ω a(E₁)
Querwiderstand (64 Kontaktstufen)
Eingang 58 Widerstands-Spulen Ausgang
B(A₂) b(E₂)

Abb. 5. T-Regler zur verzerrungsfreien Regelung der Lautstärke.

zeigt, handelt es sich um ein 60stufiges Dämpfungsglied. In den Stufen 1 bis 30 arbeitet es als überbrücktes T-Glied, in den Stufen 31 bis 60 als normales Glied. Bei Dämpfungen über 3 Neper müßte beim überbrückten T-Glied der Längswiderstand sehr groß und der Querwiderstand sehr klein werden. Beide Forderungen ließen sich nur schwer vereinigen, da einerseits die Größe des Längswiderstandes infolge der kapazitiven Kopplung zwischen Ausgang und Eingang nach oben begrenzt ist, anderseits der Verkleinerung des Querwiderstandes durch die Übergangswiderstände zwischen den Abnahmekontakten eine Grenze gesetzt wird. Der Wellenwiderstand beträgt unabhängig von der Stellung des Reglers konstant 200 Ω. Die Spannungsregelung in den Stufen 1 bis 50 (0,1 bis 5 Neper) erfolgt logarithmisch mit einer Dämpfungszunahme von 0,1 Neper je Stufe; in den Stufen 50 bis 60 (5 bis 6,5 Neper) ist die Spannungsabnahme nahezu linear. In der Stellung „Aus" beträgt die Dämpfung etwa 10 Neper. Die Frequenzabhängigkeit des Reglers liegt innerhalb des gesamten Übertragungsbereiches unter 1%; infolgedessen ist auch die Phasendrehung vernachlässigbar klein. Der Regler ist praktisch frequenzunabhängig. Die Verwendung des Reglers setzt einen frequenzunabhängigen konstanten Quellwiderstand des Generators und konstante Belastung von jeweils 200 Ω auf der Ausgangsseite voraus.

Das Gehäuse ist in schmaler Form ausgebildet und wird in eine Schaltplatte derart eingelassen, daß nur die Deckplatte mit der Skala und dem Schalthebel hervorragt. An der Rückseite des Gehäuses ist eine Anschlußbuchsenleiste mit Lötenden vorhanden, an die die Zuführungsleitungen angelegt werden. Das Regler-Chassis (Abb. 6) hat entsprechende

Abb. 6. Chassis des T-Reglers, Widerstandsseite.

Sonderstecker und wird beim Einschieben in das Gehäuse durch Führungsstifte zentriert. Nach Lösen zweier Schrauben kann das Chassis herausgezogen werden, während das Gehäuse mit seiner Anschlußbuchsenleiste in der Schaltplatte bleibt. Ein Signalkontakt, der sich bei Betätigung des Reglers selbsttätig einschaltet, dient beispielsweise zur Steuerung einer Kontrolllampe.

In Übertragungsanlagen mit Kondensator-Mikrophonen verlangen die Batteriekästen zu diesen Mikrophonen eine sorgsame Pflege, insbesondere die Heizakkumulatoren. Dies ist besonders unangenehm, wenn zwischen der Erstellung von Übertragungsanlagen längere Zeit verstreicht. Deswegen hat TEKADE, Nürnberg, ein **Netzanschlußgerät für Kondensator-Mikrophone** entwickelt. Das Gerät hat ungefähr die Abmessungen eines normalen Batteriekastens und ein Gewicht von 6½ kg. Nach Aufklappen des Deckels kann das Mikrophonkabel sowie die Zuleitung zum Mikrophon angeschlossen werden. Der Deckel enthält Ausschnitte, so daß nach Anschluß aller Kabel der Kasten vollständig geschlossen werden kann. Die Entwicklung des Gerätes erforderte große Sorgfalt, weil naturgemäß Störtöne völlig ausgeschlossen werden mußten. Das ist soweit gelungen, daß im unbesprochenen Zustand im Lautsprecher nur das bekannte Mikrophonrauschen zu hören ist. Bezüglich der Schaltung des Gerätes sei noch erwähnt, daß der Netztransformator nur für 220 V ausgeführt ist. Die Heizspannung wird über Trockengleichrichter erzeugt und mit einer doppelten Siebkette geglättet. Heizdrosseln werden nicht benutzt, zur Siebung dient ein Widerstand. Die Anodenspannung wird in Greinacher-Schaltung erzeugt. Das Gerät ist eigens für das im Handel weitverbreitete Telefunken-Kondensator-Mikrophon entwickelt worden, dessen Röhre bekanntlich einen Heizstromverbrauch von etwa 90 mA hat.

Abb. 7. Netzanschlußgerät für Kondensator-Mikrophone.

Unter Verwendung einer neu herausgebrachten Röhre 6 E 102, welche in ihren elektrischen Eigenschaften etwa der EL 12 entspricht und der Gleichrichter-Röhre EZ 12, hat TEKADE eine **Kraft-Endstufe** in Gegentaktschaltung entwickelt, welche einige Besonderheiten aufweist. Sie hat zwei

Eingänge, für Rundfunk und Drahtfunk. Auch der Netzanschluß weicht von der üblichen Bauart ab. Die sonst im Pluszweig der Anodenzuleitung liegende Siebdrossel ist weggelassen; die nötige Störtonfreiheit wird durch richtige Abstimmung des Arbeitspunktes der beiden Röhren erzielt. Der Klirrfaktor bei Nennleistung liegt unter 5%. Unter Beibehaltung der wesentlichen Eigenschaften dieser Endstufe wurde ein **290 W-Vollverstärker** entwickelt, der sehr geringe Abmessungen hat, obgleich alle Anschlußorgane für Mikrophon, Drahtfunk und Rundfunk eingebaut sind. Die Vorstufe enthält eine eigens entwickelte Doppelröhre der Type 4 CC 1 mit so großer Verstärkung, daß selbst bei Verwendung des Bandmikrophons ein Vorverstärker entfällt.

Die wichtigste Aufgabe einer Empfangsantenne besteht darin, ein brauchbares Verhältnis von Nutz- zu Störspannung zu schaffen, und das kann in erster Linie die Hochantenne mit geschirmter Zuleitung und Übertragern. Aus städtebaulichen Rücksichten wird heute meist die Form der **Stabantenne** gewählt, wie sie z. B. Telefunken als neue Stahlrohrantenne zeigt. Standrohr und Antenne sind je 3,5 m lang, aus verzinktem Stahlrohr gefertigt und durch ein isolierendes Hartgummistück verbunden. Alle Anschlußteile für das Kabel liegen innen im Standrohr.

Zum Anschluß geschirmten Antennenkabels an die Hochantenne ist ein guter **Kabelendverschluß** erforderlich; die Erk G. m. b. H., Ruhla, zeigt solche Endverschlüsse in einteiligem Bakelitgehäuse. Ohne Vergußmasse wird mittels einer Stopfbuchsenverschraubung ein feuchtigkeitssicherer Abschluß erzielt. Die Anschlußteile sind kadmiert. Sehr einfach in der Montage ist ein von der gleichen Firma hergestellter **Bajonett-Isolator,** der zur Endabspannung einer Hochantenne bestimmt ist. Die Antennenlitze kann durch den Isolator hindurch ohne Unterbrechung zum Empfänger geführt werden (Abb. 8).

Abb. 8. Bajonett-isolator für Hochantennen-Endabspannung.

In Hochfrequenzkreisen werden häufig Spulen mit besonders hoher Selektion verlangt, die geringe Abmessungen haben und für Massenfabrikation geeignet sind. Ein solcher **Hochfrequenz-Eisenkern** ist der Draloperm-Flanschkern des Dralowid-Werks der Steatit-Magnesia AG., Teltow b. Berlin. Die Grundform des neuen Kernes (Abb. 9) ist ein Hohlzylinder von etwa 12 mm Dmr., 14 und 18 mm Länge und 2 mm Wandstärke, welcher nur dort Hochfrequenzeisen vorsieht, wo es elektrisch ausgenutzt wird. An dem Hohlzylinder sitzt an einem Ende ein Flansch von 2,5 mm Stärke und 17 mm Dmr., so daß das Ganze eine Hohlpilzform darstellt. Unter dem Flansch schließen sich die Organe für die Führung des Abgleichkernes und die Befestigung des Kernes mit aufgebrachter Spule in der Montageplatte an. Als Abgleichkern wurde ein Gewindekern M 8 · 0,75 · 20 gewählt. Der Gewindekern wird in einen eingelassenen Mipolam-Gewindering geschraubt. Die Wahl dieser Gewindeart garantiert stets einen sehr weichen und zügigen Gang des Abgleichkernes. Zur Befestigung der Eisenkernspule unterhalb des Flanschkernes ist eine Renkanordnung mit Flachkeilanzug vorgesehen. Der Spulenkörper wird dadurch befestigt, daß der Schaft des Flanschkernes um einige zehntel Millimeter elliptisch ist. Der Spulenkörper trägt eine ebensolche Bohrung, so daß wieder eine Klemmbefestigung durch Drehung möglich ist. Durch die pilzförmige Hohlkernkonstruktion konnte aus einer gegebenen Eisenmenge ein höchster Güte- und Permeabilitätswert erhalten werden. Mit dem Flanschkern kann man Gütewerte erzielen, die denen komplizierter mehrteiliger Kerne gleichkommen. Durch den langen Schaft wurde der im allgemeinen elektrisch so wichtige zweite Flansch erspart, bei einteiliger Kernform wurden dadurch die Vorteile eines ungeteilten Spulenkörpers, also die Möglichkeit, die Spule getrennt zu wickeln bzw. eine fertige Kreuzwickelspule zu verwenden, beibehalten. Die Permeabilität des Kernes wurde mit einem wirksamen Wert von 3 so gelegt, daß für die gebräuchlichen Spulen ein günstiger Gütewert folgt. Die Zeitkonstante bei mittleren Wellen beträgt bei Verwendung einer Litzenkammerspule $L/R = 50 \cdots 52 \cdot 10^{-6}$ s, das ergibt einen Gütefaktor von rd. $\omega L/R = 320$. Bringt man auf dem Schaft des Flanschkernes noch einen Ring aus Hochfrequenzmaterial an, so steigt der Gütefaktor um etwa 10%.

Abb. 9. Flanschkern aus Draloperm.

In Zusammenarbeit mit der Reichsrundfunkgesellschaft hat die Fa. Konski & Krüger, Berlin, eine neue **Mikrophon-Kupplung** entwickelt, die den durch den rauhen Betrieb bedingten Anforderungen mit Sicherheit gewachsen ist und hochwertige Kontaktgabe, insbesondere bei Wechselstrom führenden Leitungen mit niedrigem Pegel, gewährleistet. Es handelt sich (Abb. 10) um einen Messer-Steckerteil, dessen Gegenstück aus einem Federpaket besteht, das aus drei konzentrischen Rohrfedern zusammengesetzt ist. Die einzelnen Rohrfedern sind so ausgebildet und geschlitzt, daß jedes einzelne Messer mit Sicherheit an 18 Stellen einwandfreien Kontakt macht. Ein weiterer Vorteil dieser Anordnung besteht darin, daß Verschmutzungen, die sich auf dem Messerstecker gebildet haben, beim Zusammenstecken der Kupplung selbsttätig abgestreift werden. Die Kupplung ist sechspolig aufgebaut, wobei jede Kupplungshälfte 3 Messerstecker und 3 Federpakete enthält. Das Gehäuse besteht aus Leichtmetallguß und ist zum Schutz gegen Berührung mit Fremderde mit einer Gummischicht überzogen. Die Kabelenden werden mit einer wasserdichten Stopfbuchse abgefangen. Im zusammengesteckten Zustand wird die Kupplung mittels eines Gewinderinges, der ebenfalls wasserdicht schließt, gegen unbeabsichtigtes Trennen geschützt. Die Kupplung wird als freibewegliche Kupplung, als Wandsteckdose und als Kopfstück zum Aufsetzen eines Kondensatormikrophones auf einen Ständer hergestellt. Eine kleinere vierpolige Kupplung ist hauptsächlich zum Anschluß eines Mikrophons an kleine tragbare Geräte und zum Verbinden solcher Geräte bestimmt.

Abb. 10. Mikrophon-Kupplung.

Konski & Krüger zeigen ferner **Kabeltrommeln** zur Aufnahme von Kabeln für Fernübertragung, z. B. Rundfunkreportage, Lautsprechergruppen, Mikrophonzuleitungen usw. Sie sind sowohl ortsfest als auch tragbar zu verwenden. Der Strom wird durch Stecker oder durch Schleifringe zugeführt und abgenommen. Zur Ausrüstung gehören eine Federdruckbremse mit filzgepolstertem Hemmschuh und ein Bandaufzug mit Sperrung im Rücklauf durch Sperrad und Sperrklinke. Das Montagegestell der Trommeln, diese selbst und ihre Seitenwände bestehen aus Pertinaxplatten, die durch eiserne Bolzen abgesteift sind.

Mit Hilfe des Tonabnehmers TO 1001 (Abb. 11) mit Saphir-Dauernadel, der ein Frequenzband von 40 bis 10 000 Hz resonanzfrei übermittelt, hat Telefunken ein neues, einfaches **Plattenspielgerät** entwickelt, bei dem sich die Bedienung auf

Abb. 11. Resonanzfreier Tonabnehmer eines selbsttätigen Plattenspielers.

das Auflegen und Wegnehmen der Schallplatten beschränkt. Durch einen kleinen Anwurfhebel wird gleichzeitig der Netzschalter des Antriebsmotors betätigt und das Werk in Bewegung gesetzt. Es verrichtet nun auf rein mechanischem Wege nacheinander folgende vier Arbeitsgänge: Langsames Aufsetzen des Tonabnehmers in die Einlaufrille einer Schallplatte, wobei die Anpassung an 25- oder 30 cm-Plattendurchmesser vermöge einer Tastvorrichtung selbsttätig geschieht; Abspielen der Platte in normaler Weise; Betätigung der Abhebevorrichtung durch die Auslaufrille der Platte, der Tonabnehmer wird langsam wieder von der laufenden Platte abgehoben und in seine Ausgangsstellung zurückgeführt; Ausschalten des Laufwerkmotors.

Der ganze Aufsetz- und Abhebemechanismus ist einfach und stabil und unterscheidet sich von normalen Plattenspielern nur durch wenige Zusatzelemente. Der wesentliche Bestandteil ist eine flache Kurvenscheibe aus Leichtmetall-Spritzguß. In dieser ist — sozusagen als Relief — der zeitliche Ablauf der vorbeschriebenen Arbeitsgänge vorgezeichnet.

Röhren, Photozellen, Widerstände.

DK 621.38 + 621.316.8

Die Deutsche Glimmlampenges. m. b. H., Leipzig, zeigt eine weitere Bereicherung ihrer großen Zahl von Spezialglimmröhren. Um dem gesteigerten Bedürfnis nach Glimmlampen für Schalttafeln u. dgl. nachzukommen, wurde eine **Großmelderöhre** entwickelt, die eine aufgeschmolzene Linse von fast 30 mm Dmr. trägt. Diese Glimmlampe vereinigt mit den Vorteilen der Glimmröhren (geringen Stromverbrauch und Anpassung an die Netzspannung) den Vorteil einer relativ großen Helligkeit, so daß sie für große Schalttafeln in Frage kommt. Auch diese Lampe wird in den Farben gelb, rot und grün geliefert. — Zur Umwandlung von Gleichspannung in Niederspannung dient eine **Reduktorröhre,** die es gestattet, aus dem Gleichstromnetz von 220 V eine Spannung von 40 V zu entnehmen, ohne daß an den Leitungen eine Überspannung auftreten kann. Diese Reduktorröhre macht von der Erscheinung Gebrauch, daß in der Glimmentladung selbst eine konstante Spannung vernichtet wird, und zwar unabhängig von der Belastung, so daß auch bei Ausschaltung der Belastung an den Klemmen keine höhere Belastung aufzutreten vermag. Eine solche Reduktorröhre zeigt Abb. 1. — Auch die Reihe der **Glättungsröhren,** die bekanntlich zur Konstanthaltung von Betriebsspannungen dienen, wurde durch eine Type bereichert, die es ermöglicht, eine Spannung von 100 V zu entnehmen, neben den bisherigen Typen für 70, 140, 280, 420 usw. V.

Abb. 1. Reduktorröhre.

Eine interessante Neuheit stellt eine **Glimmdetektorröhre** dar, die es gestattet, hoch- und niederfrequente Ströme gleichzurichten. Dabei ist es wichtig, daß die Röhre ohne Glühkathode arbeitet und eine Steilheit von etwa 20 mA/V aufweist. Sie gestattet Gleichrichtung von Spannungen bis zu 100 V bei verschwindend kleinem Rückstrom. — Eine große Zahl von neuen Röhren zur Anzeige von Hochspannungen oder Hochfrequenzströmen kommen den Wünschen des Hochfrequenztechnikers entgegen. Die **Hochfrequenzröhren** dienen zum Nachweis äußerst kurz verlaufender Stromstöße und zur Überwachung von Kurzwellensendern. Die **Hochspannungsröhren** dienen in erster Linie zur Kennzeichnung von hochspannungführenden Leitungen. Im Rahmen der neuzeitlichen Photozellen und deren Anwendung wird ein neues Meßgerät zur **Prüfung von Photozellen** gezeigt. Das Gerät gestattet die Messung der äußerst geringen lichtelektrischen Ströme unter Vermeidung von teuren und empfindlichen Meßinstrumenten.

Auf dem Sondergebiet **hochbelastbarer Drehwiderstände** hat die Firma Preh, Bad Neustadt a. S., neue Regelwiderstände und -potentiometer für Belastungen bis zu 100 W entwickelt. Der Aufbau ist vollständig keramisch; die Widerstandswicklung ist auf einem ringförmigen Körper als Toroidwicklung aufgebracht und in Glasur eingebettet. Die Kontaktabnahme wurde durch Ausrüstung des Schleifers mit einem Kontaktstück aus Bronzekohle wesentlich verbessert (Abb. 2). Auch die bisher unter der Bezeichnung „Energie-Hawid" vertriebenen hochbelastbaren Widerstände mit Stufenschalter wurden auf vollkeramischen Aufbau umgestellt. Die unter der Bezeichnung „Preh-Hescho"-Widerstände bekannten glasierten Hochleistungswiderstände werden neuerdings mit einstellbaren Anzapfschellen geliefert. Hierdurch ist es möglich, genaue Abgriffwerte nach Bedarf einzustellen. Der „Energie-Stufenschalter" wurde neuerdings zu einem Präzisions-Stufenschalter weiter entwickelt: Aufbau auf einem Körper aus hochwertiger Preßmasse; einwandfreier Kontakt durch Bürstenfedern und Kugelrasterung; leichte Kombinationsmöglichkeit zu mehrpoligen Anordnungen. Auf dem Gebiete der Massepotentiometer 0,5 W, wie sie hauptsächlich in den Rundfunkgeräten für die Lautstärkeregelung und Klangregelung angewandt werden, sind ganz neue Modelle für alle vorkommenden Anforderungen entwickelt worden.

Abb. 2. Hochbelastbarer Drehwiderstand.

Lichttechnik.

DK 628.9 : 621.32

Für Großanleuchtungen hat die Körting & Mathiesen AG., Leipzig, neue **Glühlampenscheinwerfer** für Außenbetrieb entwickelt für Glühlampen bis zu 5 kW. Die Glühlampe ist völlig regensicher angeordnet. Alle Entlüftungsöffnungen sind durch Drahtgase abgedeckt, um das Eindringen von Insekten zu verhindern. Je nach dem Verwendungszweck können Spiegel in verschiedener Ausführung verwendet werden: für große Entfernungen Parabolspiegel, für kürzere Entfernungen besser Streuspiegel (Facettenspiegel oder karooptische Spiegel). Bei der Größe der verwendeten Glühlampen ist naturgemäß auch die Gefahr der Blendung sehr groß. Blendungsstörungen durch seitlich austretendes Nebenlicht werden vermieden durch eine eingebaute Nebenlichtblende, die nur die zur optischen Achse parallel laufenden Strahlen austreten läßt. Durch Vorsetzen von Prismenstreifen vor die Lichtaustrittsöffnung kann das Licht wahlweise in die Breite oder in die Höhe gezogen werden. Auch ein teilweises Auseinanderziehen des Lichtfeldes ist möglich, wenn die Lichtaustrittsöffnung nur zur Hälfte mit Prismenstreuern versehen ist.

Abb. 1. Scheinwerfer mit Stufenlinse.

Bei einem anderen wetterfesten **Scheinwerfer** für Außenbetrieb und Besteckungen bis zu 5 kW-Glühlampen wird eine Fresnelsche Zonenlinse verwendet, wie sie in Filmateliers

bereits in großem Umfange im Gebrauch sind. Bei dem neuen Kandem-Stufenlinsen-Scheinwerfer für Außenbetrieb (Abb. 1) ist diese Stufenlinse durch ein Indifferentglas gegen Wasserspritzer geschützt. Eine regensichere Entlüftung der heiß werdenden Linse ist vorgesehen. Durch die Verwendung solcher Stufenlinsen wird eine Abbildung des Leuchtsystems der Glühlampe vermieden, so daß auch große, helle Flächen völlig gleichmäßig und fleckenlos (schlierenfrei) angestrahlt werden können.

„Ausgangspunkt der lichttechnischen Planung einer **Straßenbeleuchtung** muß die nasse Straße sein. Die Beleuchtung ist unbedingt so anzuordnen, daß der Glanz ein ununterbrochenes und breites Band bildet, von dem sich alle Fahrzeuge, Radler, Fußgänger und sonstigen Gegenstände auf der Straße silhouettenartig abheben." So lautet eine der hauptsächlichsten Forderungen, welche auf der Wiener Weltkraftkonferenz 1938 bezüglich der Straßenbeleuchtung aufgestellt wurden. Die meist gebräuchliche Mittelaufhängung kann wohl für schmale Straßen dieser Bedingung entsprechen. Für breite Straßen ist die Bedingung aber nur durch eine Seitenanordnung der Leuchten etwa über der eigentlichen „Fahrlinie" zu erfüllen. Diese Beleuchtungsaufgabe wird durch die neue **Seitenspiegelleuchte** der C. A. Schaefer-K.G., Abt. Hellux, Hannover, gelöst: Diese Leuchten (Abb. 2) besitzen zunächst einen Rundspiegel, welcher an sich eine kreisförmige breitstrahlende Lichtverteilung erzeugt. Das mattierte Abschlußglas ist nun zylindrisch geformt und auf der einen Hälfte seines Umfanges verspiegelt, so daß das dort auftreffende Licht nochmals reflektiert wird. Dadurch wird die Lichtverteilung theoretisch auf eine Halbkreisfläche, welche jetzt mit doppelter Intensität ausgeleuchtet wird, eingeschränkt. Infolge des unverspiegelten Bodens des Abschlußglases und auch durch die Streuung des Mattglases entsteht aber keine harte und scharfe Begrenzung der Lichtausstrahlung nach der Seite hin; vielmehr erhalten auch der Bürgersteig und die Fassade der angrenzenden Gebäude noch genügend Licht. Die Leuchten werden für Glühlampen von 100 bis 1000 W sowie mit eingebauter Drossel für Leuchtstofflampen 83 und 130 W hergestellt.

Abb. 2. Seitenspiegelleuchte für Straßenbeleuchtung.

Für die **Beleuchtung von Verkehrszeichen** zeigt Hellux eine Sonderleuchte kleiner Abmessung, welche das Schild gleichmäßig und blendungsfrei ausleuchtet. Beleuchtungsstärke und -gleichmäßigkeit kann man mit einem Schieber regeln. Zwecks Sicherstellung der Beleuchtung sind zwei Glühlampen eingebaut. Auf Luftschutzbeleuchtung stellt man um mit einem Reihen-Parallel-Schalter und einem Schieber.

Die Sistrah-Licht-G. m. b. H., Stuttgart, zeigt ihre bewährten Leuchten in neuen Ausführungsarten. Die bisherigen Sistrah-Modelle sind Leuchten direkten und vorwiegend direkten Charakters. Die ersteren sind mit einem Email-, letztere mit einem Opalglasreflektor versehen. Bei den Leuchten mit Emailreflektor wird der gesamte Lichtstrom, bei denen mit Opalglasreflektor etwa $^2/_3$ des Lichtstromes nach unten ausgestrahlt. Da die stufenförmige untere Abschlußschale aus Klarglas besteht, in die lediglich zur Vermeidung der Blendung zwei Opalglaszylinder eingesetzt sind, geht bei der Lichtausstrahlung nach unten so gut wie gar kein Licht verloren. In vielen Fällen lassen sich aber bei direkten oder vorwiegend direkten Leuchten Spiegelungserscheinungen nicht vermeiden, da die Leuchtenanordnung in bezug auf die Arbeitsplätze aus irgendwelchen Gründen nicht immer so getroffen werden kann, wie es erforderlich wäre, um die genannte Erscheinung zu beseitigen. Eine Beseitigung dieser störenden Erscheinungen läßt sich durch Verwendung von **Leuchten** mit vorwiegend **indirekter Lichtverteilung** erreichen (Abb. 3). Der Opalglasreflektor wird durch einen innen sandstrahlmattierten Klarglasreflektor ersetzt, an Stelle der kleinen mattierten Abdeckschale tritt eine Opalglasabdeckschale von größerem Durchmesser. Demzufolge wird der größte Teil des von der Glühlampe nach unten ausgestrahlten Lichtstroms nach oben reflektiert und muß auf seinem Weg den mattierten Klarglasoberschirm passieren, der ohne nennenswerte Lichtverluste für völlige Beseitigung kleiner Beleuchtungsunregelmäßigkeiten, sog. Schlieren, sorgt. Die Leuchten können auch mit Quecksilberdampflampen bestückt werden; die Drossel wird dann im Baldachin untergebracht. Die Armaturen für **Mischlicht** haben drei Fassungen für Glühlampen, eine für die Quecksilberdampflampe und eine Drosselspule im Baldachin.

Abb. 3. Leuchte mit vorwiegend indirekter Lichtverteilung.

Mit neuen Modellen von **schlagwettersicheren Leuchten** ist die Elektrotechnische Fabrik Pötter & Schütze G. m. b. H., Essen-Recklinghausen, vertreten. Sie zeigt ferner für Straßen- und Parkbeleuchtung einen **Mischlicht-Aufsatz** (Abb. 4), der in zwei Größen für Dampflampen HgQ 300 und 500 geliefert wird. Diese Leuchte hat keine schattenbildenden Teile; die verwendeten Baustoffe sind fast ausschließlich Leichtmetall und Glas.

Abb. 4. Mischlicht-Aufsatz für Straßen- und Parkbeleuchtung.

Abb. 5. Außenleuchte.

Mit einer neuen **Außenarmatur** in Guß oder Isolierstoff, oval oder rund, warten Georg Rüger & Co., Essen-Heidhausen, auf (Abb. 5). Die Leuchte kann mit Lampen bis 100 W bestückt werden; die Glashaube wird in sehr einfacher Weise zusammen mit dem Schutzkorb befestigt.

Auch bei den zahllos ausgestellten **Tischleuchten** kann man immer wieder das Bestreben feststellen, heimische und reichlich vorhandene Werkstoffe zu verwenden. So verwendet auch die Körting & Mathiesen AG., Leipzig, in den Kandem-Schreibtischleuchten jetzt u. a. ein neues Reibungsgelenk im Fuß mit einer Preßstoffkugel; diese Kugel soll auch bei allen anderen Kandem-Gelenkleuchten eingeführt werden.

Tisch- und Arbeitsplatzleuchten in allen gängigen Formen stellen Gebrüder Jacob G. m. b. H., Zwickau, aus. Besonders in Büros und Werkstätten haben sich die vielseitig verwendbaren Gelenk-, Scheren-, Metallschlauch-Leuchten u. dgl. weit verbreitet, zumal auch die Reflektorformen entsprechend dem jeweiligen Zweck gewählt und ausgetauscht werden können.

Preßstoff ist der beherrschende Werkstoff der von Thiel & Schuchardt, Metallwarenfabrik A.G., Ruhla, ausgestellten Leuchten. Es sind dies Deckenleuchten, Wandarmleuchten mit Zugschalter und Nähmaschinenleuchten. Aus Preßstoff bestehen auch die Tundes-Rekord-**Federzüge** für Zugpendel; sie enthalten eine beiderseits konische Preßstoffrolle mit rechts- und linksgängiger Rillenführung (DRP.), die ein reibungs- und störungsloses Abwickeln der Schnur gewährleistet; der Federzug bleibt in jeder gewünschten Lage fest stehen.

Die wachsende Verbreitung der Ultraviolettbestrahlung im eigenen Heim hat zu der Forderung nach kleinen und kleinpreisigen Strahlern geführt. Die Quarzlampen Gesellschaft m. b. H., Hanau, hat zu diesem Zweck eine **Klein-Höhensonne** entwickelt. Das Gerät, das mit einem echten Quarzbrenner ausgerüstet ist und nur etwa 300 W verbraucht, ist kugelförmig gestaltet und in geschlossenem Zustand vollkommen staubdicht. Zum Gebrauch wird die eine Kugelhälfte, welche

innen als Reflektor ausgebildet ist und den Quarzbrenner enthält, aufgeklappt (Abb. 6). Die Richtung der Ausstrahlung kann durch das die beiden Kugelhälften verbindende Gelenk beliebig eingestellt werden. Die Anschlußlitze wird nach dem Gebrauch in der mit der Grundplatte starr verbundenen unteren Kugelhälfte untergebracht. Der Quarzbrenner ist mit einer die kosmetische Strahlenwirkung verstärkenden Brennerglocke umgeben und weist mit dem günstig gestalteten Reflektor ein für Gesicht- und Teilkörperbestrahlungen ausreichend großes Strahlungsfeld auf. Die Strahlungsstärke genügt für Kurzbestrahlungen von einigen Minuten Dauer.

Abb. 6. Klein-Höhensonne.

In Fortentwicklung der bisherigen mit Quecksilberdampf-Hochdruckbrennern ausgerüsteten Büro-Lichtpausgeräte „Ultrakop" hat die Quarzlampen Gesellschaft unter der gleichen Bezeichnung eine **Pausmaschine** für durchlaufenden Betrieb herausgebracht, in der zum ersten Male ebenfalls ein Quecksilberdampf-Hochdruckbrenner benutzt wird. Die Maschine ist für eine Pausbreite von 1200 mm vorgesehen. Die vollkommen gleichmäßige Strahlung längs der Brennerachse gestattet es, den Brenner nahe an die Pausfläche heranzubringen unter Verzicht auf die sonst übliche Relativbewegung zwischen Lichtquelle und Pausgut. Hierdurch können die Abmessungen der Maschine klein gehalten werden. Die günstige Ausnutzung der Energie im Hochdruckbrenner zusammen mit dem kleinen Abstand vom Pausgut ergeben Pausgeschwindigkeiten bis zu 5 m in der Minute bei nur rd. 3,5 kW Anschlußwert.

Meßtechnik.

DK 621.317

An neuen elektrischen Meßgeräten zeigt die Hartmann & Braun AG., Frankfurt a. M., **geschirmte Weicheisen-Präzisions-Strom- und -Spannungsmesser.** Die hohe Genauigkeit nach Klasse 0,2 dieser neuen Meßgeräte, die bei Gleich- und Wechselstrom ohne Schwierigkeit eingehalten wird, ist durch eine neuartige doppelte magnetische Abschirmung erreicht, wodurch der Fremdfeldeinfluß wesentlich kleiner ist als bei astatischen Weicheisengeräten. Der Fehler beträgt bei einem Fremdfeld von z. B. 5 Oersted nur 0,07%. Diese hochwertigen Weicheisen-Meßgeräte werden mit einem Gleichstromkompensator geeicht, und die Gleichstromeichung stimmt dank der sorgfältig ausgewählten Baustoffe und einer ausgesuchten Kernform auch genau für Wechselstrom bis 100 Hz überein. Die Instrumente sind aber auch für höhere Frequenzen und für Wechselströme jeder beliebigen Kurvenform zu verwenden. So beträgt der Anzeigefehler bei 350 Hz 0,2 %, bei 600 Hz 0,5 % vom Skalenendwert, wobei diese Prozente als Korrekturwerte zu betrachten sind.

Eine andere Neuschöpfung von H. & B. ist eine kleine **Dekaden-Kurbelmeßbrücke** in Wheatstone-Schaltung, geeignet für Widerstände bis etwa 11 MΩ und für Fehlerortsbestimmungen nach dem Schleifenverfahren. Die offene Anordnung der Brücke gestattet aber auch den Anschluß geeigneter Zusatzgeräte zum Ausgleich des Zuleitungswiderstandes, so daß auch kleine Widerstände sehr genau gemessen werden können. Alle in einem handlichen Metallkasten eingebauten Einzelelemente, wie Vergleichswiderstand, Spannband - Galvanometer und Batterie, sind an besondere Klemmen geführt, so daß diese Teile auch einzeln verwendet werden können. Der Verhältniswiderstand ist zur Vermeidung von Fehlschaltungen nur als Einzelkurbel vorhanden. Mit ihr werden außer den abgestuften Verhältniswerten $^1/_{1000}$ bis 1000 auch die für Fehlerortsbestimmungen erforderlichen Brückenzweige 1, 10, 100 und 1000 Ω eingestellt. Fehlergrenze der Dekaden-Kurbelwiderstände $\pm$ 0,1%. Durch einen Taster kann die Batterie abgeschaltet werden, damit nach erfolgtem Feinabgleich das Vorhandensein etwaiger Thermokräfte festgestellt werden kann.

Schließlich verdient der H. & B.-**Photozellen-Kompensator** erwähnt zu werden, der die genaue Messung und Registrierung kleiner Gleichspannungen (z. B. aus Thermoelementen) ermöglicht. In dem Kompensationskreis ist der veränderliche Widerstand durch eine Dreielektrodenröhre ersetzt, deren Gittervorspannung von einer Photozelle geliefert wird (Abb. 1). Die Photozelle aber wird in ihrer Funktion durch einen Lichtstrahl gesteuert, der seinerseits von dem Nullgalvanometer des Kompensationskreises gelenkt wird[1]).

A Strommesser G Nullinstrument
E_x zu messende Spannung R_n Kompensationswiderstand

Abb. 1. Prinzip des Photozellen-Kompensators.

Zur Messung größter Widerstände, besonders der Isolationswerte von Isolierstoffen, hat sich das im vorigen Jahr herausgebrachte **Tera-Ohmmeter**[2]) von Richard Jahre, Berlin, gut bewährt. Dank der einfachen Bedienung erlaubt das Instrument auch rasche Serienmessungen durch angelernte Kräfte.

Der von Siemens & Halske geschaffene **Risseprüfer** (Abb. 2) arbeitet nach dem bekannten Magnetpulververfahren[3]). Man kann mit ihm Längs- und Querrisse ohne Änderung der Einspannung sichtbar machen, das Werkstück also sowohl längs- als auch quermagnetisieren. Zur Quermagnetisierung wird ein starker Wechselstrom durch das Werkstück geschickt. Die Bedienung des Gerätes ist in jeder Weise erleichtert. Ein Druckknopfschalter trägt die Bezeichnung „Querrisse", er schaltet also die Kraftflußerregung ein, ein anderer mit der Bezeichnung „Längsrisse" schaltet Hochstromdurchflutung ein. Die Prüfaufsätze sind leicht auswechselbar. Teile bis zu einer Länge von 1,1 m spannt man bequem und sicher zwischen unter Hochstrom drehbare Backen; bei größerer Länge der zu prüfenden Teile benutzt man „Supporte", auf die man die Wellenachse usw. auflegt. Nach der Prüfung können die Werkstücke wieder entmagnetisiert werden. — Außer diesem großen Risseprüfer zeigen Siemens & Halske noch ein kleineres Handgerät für die Magnetpulverprüfung von Schweißnähten.

Abb. 2. Risseprüfer (Magnetpulververfahren).

Für Industrieöfen, bei denen die Temperatur mit allergrößter Genauigkeit eingehalten werden muß, ist von W. H. Joens & Co., Düsseldorf, ein **Potentiometer-Regler** entwickelt

[1]) Vgl. a. Arch. techn. Messen (1938) J 932—3.
[2]) Vgl. ETZ 59 (1938) S. 274.
[3]) ETZ 59 (1938) S. 322 u. 1244.

worden, in dem die Betätigung der unverstellbaren Regelkontakte durch den Zeiger eines in einer Brückendiagonale liegenden Nullgalvanometers erreicht wird. Eine Hilfsspannung erzeugt an den Eckpunkten dieser Brückendiagonale einen regelbaren Spannungsabfall, welcher der Spannung des Thermoelements gegengeschaltet ist, das in Reihe mit dem Nullgalvanometer liegt. Der Potentiometer-Regler spricht bei 0,5° Temperaturabweichung vom Sollwert an. Durch besondere Schaltanordnung ist es möglich, die Ist- und Solltemperaturen unabhängig voneinander zu messen. — In den **Wärme- und Kältemengenzählern** von Joens & Co. werden die angezeigten Zähl- und Meßwerte vom Produkt aus der Temperaturdifferenz im Vor- und Rücklauf und der Durchflußmenge beeinflußt. Ein von der Durchflußmenge gesteuertes Meßgerät regelt mittels eines Fernsenders die an einer Meßbrücke liegende Wechselspannung, während die Temperaturdifferenz durch zwei als Brückenzweige geschaltete Widerstandsthermometer erfaßt wird. Das in der Meßdiagonale liegende Instrument mißt die Wärme- bzw. Kältemengen. Bei jedem Fallbügelhub wird sein Meßwerkzeiger auf einen Widerstand gedrückt und hierdurch einem Induktionszähler ein der jeweiligen Zeigerstellung entsprechender Stromimpuls zugeführt. Die Anzeige der Wärme- bzw. Kältemengen erfolgt durch Summierung der Wirkungen dieser Stromimpulse.

In der ETZ 57 (1936) wurde auf S. 1425 ein Prüfgerät der Siemens & Halske AG. beschrieben, mit dem die zulässige Nenngröße der Netzsicherung auf Grund des Schutzleiterwiderstandes unmittelbar festgestellt werden kann. Das **Prüfgerät für Erdung und Nullung** besteht aus einem Spannungsmesser mit eingebauten Prüfwiderständen und gestattet die unmittelbare Ablesung der höchstzulässigen Sicherungs-Nennstromstärke bei Schutzschaltungen. Außerdem kann es als normaler tragbarer Spannungsmesser mit drei Meßbereichen für Gleich- und Wechselspannung verwendet werden. Das Gerät hat nunmehr seine endgültige, in Abb. 3 gezeigte Gestalt erhalten.

Abb. 3. Prüfgerät für Erdung und Nullung.

Abb. 4. Warte für einen Hochleistungskessel.

In derselben Ausführung wurde ein zweites Gerät herausgebracht, das ebenfalls dazu dienen soll, die Sicherheit elektrischer Betriebe zu erhöhen — ein **Berührungsspannungsmesser.** Tritt an einer Maschine oder an einem Apparat ein Körperschluß auf, so daß ein Gehäuse eine Spannung gegen Erde annimmt, so wird ein auf der Erde stehender Mensch beim Berühren dieses Gehäuses mit einer Spannung — der Berührungsspannung — beansprucht. Eine rechnerische Bestimmung der Berührungsspannung ist recht schwierig und umständlich, so daß ein Prüfgerät, mit dem man die Berührungsspannung unmittelbar ablesen kann, für den Installateur und für den Überwachungsbeamten als zeit- und mühesparend angesehen werden muß. Setzt man für den Widerstand eines Menschen 1300 Ω als Normalwert ein und seinen Erdungswiderstand gleich dem einer Metallplatte von 26 · 26 cm², so kann man an Stelle des Menschen einen Spannungsmesser mit gleichen Daten einschalten und die Berührungsspannung unmittelbar messen[4]. Diese Messung ist für die Beurteilung der Notwendigkeit einer Schutzschaltung von großer Bedeutung. Der Berührungsspannungsmesser ist ein normaler Dreheisen-Spannungsmesser für zwei Meßbereiche, dem mit Drucktasten Widerstände parallelgeschaltet werden können, so daß der Gesamtwiderstand des Gerätes in jedem Meßbereich 1300 Ω ist, also dem mittleren Widerstand eines Menschen entspricht. Zur Prüfung wird der Berührungsspannungsmesser einerseits an den Netzleiter, anderseits an eine auf dem Fußboden liegende Blechplatte von 26 · 26 cm² Fläche angeschlossen, auf die sich der Messende zweckmäßig stellt, um einen genügenden Kontaktdruck herzustellen. Nun wird durch eine der Drucktasten der Belastungswiderstand eingeschaltet und die Berührungsspannung unmittelbar abgelesen. Der Bereich gefährlicher Berührungsspannnungen ist durch einen roten Skalenbogen gekennzeichnet. Werden die Drucktasten nicht betätigt, so arbeitet das Gerät als normaler tragbarer Spannungsmesser.

Im neuzeitlichen Kesselhaus ist die Bedienung der Kessel weitgehend vereinfacht und zusammengefaßt, so daß sie der einer Maschine gleicht. Wesentlich beigetragen hat zu dieser Entwicklung die Vervollkommnung der wärmetechnischen Meßgeräte, bei denen gegenwärtig in großem Umfang elektrische Meßverfahren benutzt werden. Auf der Leipziger Messe zeigen Siemens & Halske eine neuzeitliche **Kesselhauswarte** in neuartiger Ausführung (Abb. 4). Die Warte vereinigt alle Überwachungs-, Fernsteuer- und Regelanlagen eines Hochleistungskessels. Sie besteht aus Tafeln und Steuerpulten, die schaufensterartig zusammengebaut sind. Die Steuerpulte enthalten die Schalter (Steuerquittungsschalter) für die Fernsteuerung der Klappen, Motoren usw. Mit ihnen kann der Heizer jederzeit in die Steuerung des Kessels eingreifen. Von der Auswirkung seiner Maßnahmen kann er sich durch einen Blick auf die an der Rückwand eingebauten Meßinstrumente überzeugen. Die beiden Seitenflächen der Warte nehmen die Regler auf.

Die zunehmende Verwendung von Aluminiumleitungen auch in Installationsanlagen hat bekanntlich zu Neukonstruktionen von Klemmen geführt, die eine dauerhafte Verbindung gewährleisten. Als tatsächlich bewährt darf man die Schellenklemme mit Stahlandruckplatte betrachten, die auch als Über-

[4]) O. Löbl, Erdung, Nullung und Schutzschaltung. Berlin, Jul. Springer 1933.

gangsklemme von Al auf Cu benutzt werden kann. Da die Anschlußklemmen von Zählern bislang nur für Kupfer geeignet sind, hat die Fa. Christian Geyer, Nürnberg, **Zähleranschlußklemmen für Aluminiumleitung** entwickelt. Ein vollständiger Klemmkasten mit plombierbarer Kappe kann auf jeder beliebigen Zählertafel mit Hilfe der zwei unteren Zählerbefestigungsschrauben angebracht werden; auf seiner Grundplatte sind die Übergangsklemmen für die Aluminium-Zu- und -Ableitung befestigt, von denen kurze Kupferdrahtverbindungen zum Zählerpolkasten geführt werden. Die Abschlußkappe verdeckt den Drahtdurchführungsschlitz in der Tafel, die Übergangsklemmen und die Polklemmen des Zählers. Damit die Einrichtung für alle Zähler paßt, sind die Einbauten verschiebbar, und der Deckel hat ausbrechbare Vorstanzungen an der oberen Stirnseite. Für Zähler mit mehr als vier Zu- bzw. Abgangsklemmen sind Einzel-Übergangsklemmen entwickelt worden, die zusätzlich unter den bisherigen verlängerten Klemmdeckel bei Kraftzählern gebracht werden. Die Klemmen entsprechen der einleitend erörterten Konstruktion.

Einen **Feuchtigkeitsmesser und -schreiber** zur laufenden Überwachung des Wassergehaltes schaufelbarer Güter (Getreide, Kohle usw.) baut die Firma Brabender o. H., Duisburg a. Rh. Der Meßteil des Gerätes ist eine Zylinderspule, durch deren Achse das zu überwachende Gut ständig fließt. Die Spule wird vom Anodenstrom eines Hochfrequenzgenerators durchflossen; die Stromstärke ist abhängig vom Wassergehalt des Gutes, welches das Spuleninnere füllt. Mit Hilfe einer Kompensationsschaltung wird der Feuchtigkeitsgehalt gemessen und fortlaufend aufgezeichnet.

Nach Angaben von Dr. Türk hat die Telefonbau und Normalzeit G.m.b.H., Frankfurt a. M., einen rechnenden **Selbstschreiber für die Abflußmengenmessung** eines Flußlaufs entwickelt. Er ermittelt während des Meßvorgangs selbsttätig den die Abflußmenge bestimmenden Faktor, so daß unmittelbar im Anschluß an die Messung durch einfache Multiplikation die tatsächliche Abflußmenge errechnet werden kann. Die Meßvorrichtung besteht im wesentlichen aus einem Punktschreiber und einem hydrometrischen Flügel mit Grundtaster. Der Meßflügel hängt an einer Winde, die ihn mit gleichförmiger Geschwindigkeit von 1 cm/s senkt. An der gleichen Winde hängt der Grundtaster, der beim Auftreffen auf den Boden den Ablauf der Winde unterbricht. In dieser Stellung befindet sich der Meßflügel 15 cm oberhalb des Bodens. Im Ruhezustande leuchtet nach Ablauf von 10 s eine Lampe zum Zeichen auf, daß das Gerät mit einer Taste eingeschaltet werden kann. Hierbei beginnt der Ablauf der Winde, und der auf die Wasseroberfläche gebrachte Meßflügel senkt sich. Seine Tiefe wird durch ein Zählwerk angezeigt. Die von ihm ausgehenden Impulse wirken auf den Punktschreiber und auf ein weiteres Zählwerk. Ein drittes Zählwerk gibt die seit der Einschaltung verflossene Zeit an. Sobald der Grundtaster auf den Boden stößt, werden die Winde sowie der Punktschreiber und das Zählwerk abgeschaltet. Es leuchtet eine Lampe, und ein Summer ertönt. Der Zeiger des Schreibers bleibt stehen und zeichnet den Meßpunkt zu Beginn der nächsten 10ten Sekunde auf. Jetzt folgt die Messung der Fließgeschwindigkeit in Sohlenhöhe. Wird der Flügel wieder angehoben, so werden der Zeiger und der Zähler fortgeschaltet. Gleichzeitig leuchtet eine Lampe (Rastgliedlampe) und zeigt an, daß die zusätzliche Messung in Sohlenhöhe stattfindet. Nach ihrer Registrierung werden der Schreiber und der Zähler abgeschaltet, und die Lampe erlischt. Das Zählwerk hat alle Stromstöße gezählt, die während der gleichmäßigen Absenkung des Meßflügels bis zum Aufstoßen des Grundtasters aufgenommen wurden. Sodann sind während einer zusätzlichen Zeit von 10 s noch einmal 10 Stromstöße auf das Zählwerk gegeben worden, die ein Maß für die Durchlaufmenge unter Sohlenhöhe bilden. Darauf wird der Meßflügel wieder hochgezogen.

Als Abschluß der Gruppe Meßtechnik sei noch über eine originelle Uhr berichtet: die **Welt-Synchronuhr** der Firma Paul Schwenk, Stuttgart. Es handelt sich um eine Wechselstrom-Tischuhr, 110 oder 220 V, die neben der Ortszeit noch den Sonnenauf- und -untergang in den verschiedenen Ländern und die Weltzeiten ablesen läßt. Die Uhr ist in Form eines Globus gebaut, der sich dreht und auf einer Skala am Äquator die Stunden ablesen läßt. Die Minuten zeigt eine besondere Skala im Globusfuß, eine weitere zeigt den Monat an; auf die übrigen Möglichkeiten kann hier nicht eingegangen werden.

Werkstoffe.

DK 620.2

Über die Verwendung der **Kunststoffe** in den Industriezweigen, die außerhalb der Elektrotechnik liegen, ist in den verflossenen Jahren viel geschrieben worden. Für den Interessenten ist es vielfach schwer, sich an Hand solcher Ausführungen ein richtiges Bild zu machen. Die Isola Werke AG., Birkesdorf-Düren, zeigt deshalb an ihrem Stand Gegenüberstellungen und Muster, um zu zeigen, wie diese Fragen praktisch gelöst wurden. Preßstoffkästen für Schalter und Hausanschlüsse ersetzen solche aus Gußeisen und verbinden Formschönheit mit hoher Isolierfestigkeit. Eine **Pumpe** mit Preßstoffgehäuse ist besonders beachtlich. Sie ist durch das niedrige spez. Gewicht sehr handlich, fördert Säuren und Laugen und hat eine Leistung von 200 l/min. Eine sinnreich konstruierte **Fahrdrahtklemme** aus Kunststoff für die Oberleitung der Straßenbahnen ersetzt Messingklemme und den gußgekapselten Porzellanisolator. Sie bedeutet gleichzeitig eine wesentliche Gewichtsersparnis für den Leitungsbau. Nennenswert sind weiter Preßstoffhämmer, Schrauben und Muttern, Seilrollen, Fahrradtaschen, Trichter u. a.

Der Austausch von Lagerschalen und Lagerbuchsen aus Metall durch Kunststoffe ist vom Aussteller weiter gefördert worden. Man sieht neue Konstruktionen in geschichteten und formgepreßten Lagern sowie Rohre und Blöcke von größtem Ausmaß für die Selbstanfertigung solcher Lagerteile.

Die AEG widmet einen Teil ihres Standes den aus Kunststoff hergestellten **Novotextlagern.** Nachdem die Entwicklung der Novotextlager für Walzgerüste der Eisenhüttenindustrie in technischer Hinsicht einen gewissen Abschluß gefunden hat, liegt das Schwergewicht heute in besonderem Maße auf der Weiterausbildung und verstärkten Einführung der Novotextlagerbuchsen und geteilten Lagerschalen im allgemeinen Maschinenbau. Es gibt praktisch keinen Maschinenbetrieb, in dem nicht eine Menge Lagerungen sind, die entsprechend ihren Belastungen und Laufbedingungen durchaus geeignet sind, gegen Novotext ausgetauscht zu werden. Sehr vorteilhaft haben sich die Novotextlager z. B. als Achslager im Feldbahnwagenbau erwiesen, wo sie gerade ihrer Unempfindlichkeit wegen am Platze sind. Bei Baggern, Krananlagen, in Textilmaschinen, Werkzeugmaschinen, Fahrzeugen usw., ja selbst im Automobilbau sind viele tausend Novotextbuchsen und -lager eingebaut, die befriedigende Ergebnisse gebracht haben.

Die Rheinische Kohlebürstenfabrik, Ahrweiler, zeigt auf dem Gebiet der **Kunstkohle** einiges aus der stetigen Weiterentwicklung der Kohlebürste, der Kunstkohle im allgemeinen und der sonstigen wesentlichen Zubehörteile, wie Bürstenhalter, Kollektoren, Kontakte. Wenn auch der hohe Stand der Kohlebürstenindustrie dergestalt ist, daß Außergewöhnliches nicht mehr gebracht werden kann, so herrscht doch eine stetige Suche nach einer Vervollkommnung der Qualitäten. Höchste Polierfähigkeit der Graphitmarken bei weitgehendem Widerstand gegen schwere elektrische und mechanische Arbeitsbedingungen ist ebenso erforderlich wie hervorragende Kommutierungseigenschaften und geräuschloser Lauf. Dies ist durch besondere Herstellungsverfahren verwirklicht worden, während anderseits Zusätze, wie reines Silber in feinster Form, Qualitäten ergeben, welche besonders für gewisse Arten empfindlicher elektrischer Geräte geeignet sind. So wurde auch die **Kontaktkohle** geschaffen, welche in allen Formen und Ausführungen nicht nur gleichen Dienst wie der Kupferkontakt erweist, sondern sogar infolge der mechanischen Zähigkeit und ihrer relativen Unempfindlichkeit gegen den Schaltfunken längere Lebensdauer als der Metallkontakt hat.

Schließlich sei noch das **Bonder-Verfahren** der Metallgesellschaft AG., Frankfurt a. M., erwähnt, das als Rostschutzverfahren für Eisen und Stahl schon bekannt ist und bei einer Behandlungsdauer von nur 3 bis 5 min hohen Korrosionsschutz gewährt. Seit kürzerer Zeit wird das Verfahren auch zur Erleichterung der spanlosen Kaltverformung, beispielsweise in die Fertigung von nahtlos kaltgezogenen Stahlrohren, geschweißten Stahlrohren, Profilen usw. eingeschaltet. Der Prozeß der Kaltverformung verläuft hierdurch reibungsloser, wodurch der Kraftbedarf der Ziehbänke, Pressen usw. herabgesetzt und diese selbst geschont werden; außerdem wird die Lebensdauer der Werkzeuge verlängert. Ferner lassen sich einzelne Züge, Zwischenglühungen und Beizungen einsparen.

Auf einen weiteren Fortschritt wird auf dem Stand der Metallgesellschaft hingewiesen, nämlich auf die Verbesserung der Gleiteigenschaften von aufeinanderlaufenden bzw. gleitenden Stahlteilen durch Bondern der Oberflächen.

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

Bezirk Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Leitungstelegraphie und -telephonie".

Leiter: Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Dr.-Ing. K. Reche, Berlin, am Dienstag, dem 14. März 1939, um 20^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Neue Bildtelegraphiegeräte".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Gedächtnisfeier.

Am Donnerstag, dem 16. März 1939, veranstalten wir um 20^{00} im Großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22, gemeinsam mit dem Berliner Bezirksverein deutscher Ingenieure, der Berliner Gesellschaft für Geschichte der Naturwissenschaft, Medizin und Technik, der Deutschen Gesellschaft für Geschichte der Medizin, der Naturwissenschaften und der Technik, der Deutschen Gesellschaft für technische Physik und der Deutschen Physikalischen Gesellschaft eine

Feier anläßlich des 150. Geburtstages von Georg Simon Ohm.

Vortragsfolge:

1. Vortrag des Herrn Studienrat Dr. H. Schimank, Hamburg, über das Thema:
   „Ohm und seine Leistungen im Rahmen seines Zeitalters".
2. Vortrag des Herrn Professor Dr. R. W. Pohl, Göttingen, über das Thema:
   „Neuere Erkenntnisse über die Gesetzmäßigkeiten der metallischen Leitfähigkeit".
3. Vortrag des Herrn Professor Dr. F. Trendelenburg, Berlin, über das Thema:
   „Ohms akustisches Grundgesetz und die Ergebnisse der modernen Klanganalyse".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Besichtigung.

Für die am 24. März 1939 stattfindende Besichtigung der Nachrichtenbetriebe des Flughafens Tempelhof, sind die Teilnehmerkarten bereits vergriffen. Die Mitglieder, die eine schriftliche Bestellung eingereicht haben, werden auf jeden Fall benachrichtigt.

Zu unserer Ankündigung in den VDE-Mitteilungen Nr. 1 vom 2. 2. 1939 möchten wir noch berichtigend bemerken, daß neben einer Besichtigung des Betriebes der Deutschen Lufthansa auch die Besichtigung der dem Reich gehörenden Flugsicherungseinrichtungen vorgesehen ist.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im VDE-Haus, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
9. 3. 1939 Vortragsreihe „Ausgewählte Fragen der Rundfunkempfangstechnik": „Das Rauschen von Empfängerkreisen und Empfängerröhren", Vortragender: Dr. W. Graffunder.

Hochspannungstechnik. Leiter: Dr.-Ing. G. Hameister VDE.
10. 3. 1939 Vortragsreihe „Die Netze und der Bau ihrer wichtigsten Anlagenteile": „Ein großes Umspannwerk in Innenraumausführung", Vortragender: Oberingenieur J. Eisert VDE.

Installationstechnik. Leiter: Dipl.-Ing. R. Schamberger VDE.
14. 3. 1939 „Neuzeitliche Beleuchtungstechnik", Vortragender: Ingenieur F. Kieke.

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. Boekels VDE.
15. 3. 1939 „Fehlerortmessungen an Starkstromleitungen", Vortragender: Dr.-Ing. H. Poleck VDE.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
16. 3. 1939 Vortragsreihe „Fernwirkanlagen in der Starkstromtechnik": „Fernregelung von Kraftwerken" II. Teil, Vortragender: Dipl.-Ing. R. Köberich.

Elektrizitätswerke. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. B. J. v. d. Knesebeck VDE.
17. 3. 1939 Vortragsreihe „Aufgaben aus der Verbundwirtschaft": „Einfluß des Verbundbetriebes auf Bau und Betrieb von Regeltransformatoren", Vortragender: Dr.-Ing. C. Lommel VDE.

VDE Bezirk Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Hansa, Hamburg. 15. 3. (Mi), 20^{00}, Techn. Staatslehranstalt: „Neuerungen bei elektrischen Ausrüstungen von Kränen, Aufzügen und stetigen Förderern" (m. Lichtb.). Dir. Schiebeler VDE.

VDE Bezirk Mittelhessen, Frankfurt a. M. 15. 3. (Mi), 20^{00}, Kunstgewerbeschule: „Neue Fortschritte in der elektrischen Meßtechnik". Dr. Krönert VDE.

VDE Bezirk Mosel, Trier. 16. 3. (Do), 20^{15}, Hotel „Porta Nigra": Jahreshauptversammlung. „Verbundbetrieb in der Elektrizitätsversorgung und damit zusammenhängende Regelaufgaben". Obering. Rasch VDE.

VDE Bezirk Weser-Ems (gemeinsam mit VDI). 14. 3. (Di), 20^{15}, Atlantis-Saal, Böttcherstraße: „Schweißtechnische Erfahrungen aus dem Maschinen- und Turbinenbau". Obering. Bauer VDE.

Fachgruppe Elektrotechnik, Gas und Wasser, Gauwaltung Wien. 15. 3. (Mi), 18^{00}, Haus der Technik: „Neue Gesichtspunkte für Planung und Bau von Freileitungen" (m. Lichtb.). Dir. Gollhofer.

Außeninstitut der Technischen Hochschule Berlin. 20. bis 25. 3. (Mo bis Sa), täglich 9—11^{00} und 11—15^{30}, Institut für Metallkunde, Franklinstr. 29: Röntgenographischer Ferienkurs (Röntgenfeinstrukturmethode, insbesondere Röntgenmetallkunde und verwandte Gebiete). Vortragender: Dozent Dr. habil. W. Hofmann. Teilnehmerkarten: 100 RM.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. J. Beier, Mannheim-Feudenheim, Ziehtenstr. 96.
Dipl.-Ing. H. Engelhardt VDE, Berlin-Biesdorf-Süd, Arnsberger Str. 20.
Obering. R. Hintze, Berlin-Charlottenburg 9, Bolivar Allee 3.
Dr. W. Kesseldorfer VDE, Berlin-Charlottenburg 5, Riehlstr. 2 I.
Direktor Dr.-Ing. E. Kirch VDE, Berlin-Friedenau, Südwestkorso 73.
Obering. Dipl.-Ing. I. Kirstaedter, Berlin-Schöneberg, Badensche Str. 5.
Ing. W. Herden VDE, Berlin-Hermsdorf, Parkstr. 1a.
Ing. F. Roesner, Hennigsdorf b. Berlin, Feldstr. 68.
Dipl.-Ing. W. Schlotmann VDE, Berlin-Charlottenburg, Tegeler Weg 25.
K. Täuber, München 19, Canalettostr. 21.
Ing. W. Weber, Dortmund-Lücklenburg, Durchstr. 22.

Abschluß des Heftes: 1. März 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 16. März 1939 | Heft 11

Phot. v. Heintz in Erlangen

G. S. Ohm

Georg Simon Ohm.

Zum Gedächtnis der 150. Wiederkehr seines Geburtstages am 16. März 1939*).

Von **Hans Schimank**, Hamburg.

DK 92 : 53

Zu Erlangen, einer Haupt- und Residenzstadt der Markgrafschaft Ansbach-Bayreuth, war gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts der Schlossermeister J o h a n n W o l f g a n g O h m ansässig, der einem alten, ursprünglich in Westfalen bodenständigen Geschlecht von Schmieden entstammte und mit der Neigung zu Mathematik und Philosophie die Begabung dafür verband. Beides übertrug er auf seine Söhne, insbesondere auf den älteren der Brüder, Georg Simon, der am 16. März 1789 zu Erlangen geboren wurde. Dieser erwies sich schon in seinen frühesten Lebenstagen als Stiefkind des Glücks: Statt der ihm zugedachten Vornamen Georg Simon ward nämlich das Namenpaar Johann Simon fälschlich ins Taufregister eingetragen.

In engen Verhältnissen wuchs der Knabe auf, durchlief Elementarschule, Gymnasium und drei Semester mathematischen und physikalischen Studiums an der Universität in seiner Vaterstadt und ging danach als Privatlehrer an das Institut des Pfarrers Z e h n d e r zu Gottstadt in der Schweiz. Er brachte dorthin ein unter väterlicher Anleitung erworbenes gründliches Wissen in der Mathematik mit, einige Kenntnisse der Naturlehre und der Fichteschen Philosophie, Erfahrung in manchen Kunstgriffen des Schlosserhandwerks und überdies ein gut Teil Fähigkeit, „das Zeichen von der Sache, die Form von dem Wesen bestimmt und rein zu unterscheiden".

In Gottstadt und späterhin in Neuenburg, das damals noch preußisch war, lehrte und lernte der junge Ohm mit so viel Erfolg, daß er sich schon ein halbes Jahr nach der Rückkehr in die Heimat der Doktorprüfung mit Erfolg unterziehen und am 25. Oktober 1811 promoviert werden konnte. Da ihm aber mathematische Vorlesungen, die er nun als Privatdozent in Erlangen hielt, sehr wenig einbrachten, vertauschte er diese Tätigkeit mit der eines Lehrers an der Realschule in Bamberg. Er trat diese Stellung im Januar 1813 an, ward aber nach Auflösung dieser Anstalt genötigt, an einer der überfüllten Klassen des Bamberger Progymnasiums höchst widerwillig Latein zu unterrichten und begrüßte es freudig, als sich ihm die Aussicht auf eine Anstellung am katholischen Gymnasium in Köln eröffnete. Man nahm keinen Anstoß daran, daß er selbst Protestant war, gewährte ihm ein hohes Maß von Lehr- und Lernfreiheit und ließ ihn mit der reichen Sammlung von Unterrichtsmitteln zur Naturlehre nach freiem Ermessen schalten und walten.

Ohm, der seine Entlassung aus bayrischen Diensten im Spätherbst 1817 erbeten und erhalten hatte, sah sich in Köln einer aufnahmewilligen und lernbegierigen Schülerschaft gegenübergestellt und durfte seine Unterrichtstätigkeit durchaus im Geiste der Anschauungen ausüben, die er 1817 in seinen „Grundlinien zu einer zweckmäßigen Behandlung der Geometrie als höheren Bildungsmittels an vorbereitenden Lehranstalten" dargelegt hatte.

Die neue Tätigkeit gefiel ihm anfangs gut. Er fand und nutzte die Gelegenheit zur Weiterbildung in Mathematik und Physik und durfte hoffen, bald „mit größerer Leichtigkeit eigene Forschungen betreiben zu können". Als sich dies Ziel jedoch nicht so rasch verwirklichen ließ, wie er gewähnt hatte, erfüllte ihn in wachsendem Maße ein Gefühl der Unzufriedenheit mit seiner Lage.

*) Vgl. auch E. H o p p e , 100 Jahre Ohmsches Gesetz. ETZ 48 (1927) S. 561/63 sowie die eben im VDI-Verlag erscheinende Ohmbiographie von F ü c h t b a u e r.

Er wußte sich davon zu befreien, indem er sich Ende des Jahres 1824 entschloß, neben seinem Lehramte noch wissenschaftlich-forschend tätig zu sein. Nach einigem Schwanken machte er sich an die Bearbeitung einer physikalischen Frage, und es mag unbewußt bei dieser Entscheidung mitgesprochen haben, daß er nicht zu seinem jüngeren Bruder Martin in Wettbewerb treten wollte, der bereits im Frühjahr 1821 als Privatdozent für Mathematik an die Universität Berlin berufen worden war.

t, t Magnetnadel
a, b, a', b' Wismut-Kupfer-Thermoelement

Abb. 1. Ohms Torsionsamperemeter mit Thermoelement (1826).

Als erstes Ergebnis seiner Bemühungen veröffentlichte Ohm 1825 eine „Vorläufige Anzeige des Gesetzes, nach welchem Metalle die Kontaktelektrizität leiten." Es handelte sich um die Aufstellung einer logarithmischen Formel für den von ihm untersuchten Vorgang, die zwar den ersten Versuchsergebnissen Genüge tat, sich aber bald als unzureichend erwies. Bei weiterer Fortführung seiner Versuche lernte Ohm nicht nur in wachsendem Maße Nebeneinflüsse ausschalten, die störend auf die Untersuchungsergebnisse einwirkten, sondern erkannte auch, daß in dem Differentialausdruck seiner ursprünglichen Formel das wirkliche Gesetz der Erscheinung verborgen war. Sofern man aus einer später und in etwas anderem Zusammenhange getanen Bemerkung Ohms einen Rückschluß auf den Ablauf seiner Gedankengänge ziehen darf, ward er sich offenbar des Umstandes bewußt, „daß für unendlich kleine Massen in unendlich kleinen Entfernungen alle besonderen Beziehungen notwendig dasselbe Gewicht haben müssen, als für endliche Massen in endlichen Entfernungen".

Genauere Versuche bestätigten diese Überlegungen. Zur Vermeidung von Spannungsschwankungen bediente sich Ohm dabei nach dem Rate P o g g e n d o r f f s eines Wismut-Kupfer-Thermoelementes, dessen Lötstellen auf gleichbleibenden Temperaturen gehalten wurden, und war nun binnen kurzem in der Lage, eine „Bestimmung des Gesetzes, nach welchem Metalle die Kontaktelektrizität leiten, nebst einem Entwurfe zu einer Theorie des Voltaischen Apparates und des Schweiggerschen Multiplikators" bekanntzumachen. Der „Versuch einer Theorie der durch galvanische Kräfte hervorgebrachten elektroskopi-

schen Erscheinungen" gehört wie die soeben erwähnte Veröffentlichung dem Jahre 1826 an.

In experimenteller Hinsicht enthält die erstgenannte Arbeit die Beschreibung eines Meßgerätes, das man wohl als erstes einwandfreies Amperemeter bezeichnen darf (s. Abb. 1). Es entstand durch Verquickung des Baugedankens der Cavendish-Coulombschen Drehwaage mit der Anordnung des Oerstedtschen Grundversuches und vermochte einwandfreie Meßergebnisse zu liefern, weil die Magnetnadel durch Drehen des Torsionskopfes stets wieder in den magnetischen Meridian zurückgeführt wurde. Erwähnung verdient auch noch der Umstand, daß sich Ohm zur Aufhängung der kurzen und zur Vermeidung von Wirbelströmen mit Messingzeiger versehenen Magnetnadel an Stelle des üblichen Runddrahtes eines Bandes aus Goldlahn bediente. In theoretischer Beziehung stellt Ohm in dieser Abhandlung den scharf umrissenen Begriff des Leitungswiderstandes auf — er selbst spricht meist von „reduzierter Länge" —, lehrt zwischen innerem Widerstande der Stromquelle und Widerstand des äußeren Schließungsdrahtes zu unterscheiden, natürlich ohne Benutzung dieser neuzeitlichen Ausdrücke, und gibt schließlich das elektromotorische Gesetz der Stromwirkung an, das gegenwärtig seinen Namen trägt. In der anderen Abhandlung wird, wie schon der Titel ahnen läßt, das weitaus allgemeinere, sogenannte elektroskopische Gesetz des Spannungsabfalls in Leitern ausgesprochen, das Ohm selbst schon durch Elektroskopmessungen an einem sehr dünnen Eisendraht nachprüfen konnte, während es seine vollständige Bestätigung erst 1848 durch R. Kohlrausch fand.

Nach diesen unbestreitbaren Erfolgen wünschte Ohm nun die gedanklichen Grundlagen und die Anwendungsbereiche seiner Formeln des genaueren zu entwickeln, um „auf solche Weise die Mannigfaltigkeit der Tatsachen unter die Einheit des Gedankens zu stellen" und „aus einigen wenigen ... durch die Erfahrung gegebenen Prinzipien den Inbegriff derjenigen elektrischen Erscheinungen in geschlossenem Zusammenhange abzuleiten, welche ... unter dem Namen der galvanischen begriffen werden".

Ein Urlaub, um den er im April 1826 nachgesucht hatte, wurde ihm auf die Dauer eines Jahres und unter Gewährung der Hälfte seines bisherigen Gehaltes bewilligt. Noch Ende des gleichen Jahres konnte Ohm aus Berlin über „einige elektrische Versuche" berichten, aus denen die Unabhängigkeit der Stromwirkung von der Gestalt des Leitungsquerschnittes hervorging und bei denen das Widerstandsgesetz auch erstmals auf verzweigte Leitungen Anwendung fand. Im folgenden Jahre erschien dann bei Riemann in Berlin „Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet von Dr. G. S. Ohm", ein schmales Oktavbändchen von 245 Seiten Umfang. Ohm entwickelte hier in umfassender und allgemeiner Weise eine Theorie der elektrischen Leitungsvorgänge, indem er kongenial auf die Elektrizitätsleitung übertrug, was Laplace und Fourier an Vorstellungen und Formeln für die Erscheinungen der Wärmeleitung entwickelt hatten.

Gerade der Widerspruch, auf den dieser gedankliche Schritt Ohms bei einigen seiner Zeitgenossen traf, läßt erkennen, wie wenig selbstverständlich er war und welche geistige Leistung er darstellte. Denn nach der üblichen Vorstellung hatte bei Leitern die Elektrizität ihren Sitz auf der Oberfläche, und es bedeutete etwas durchaus Neues, wenn Ohm in Anlehnung an die Anschauungen der Wärmeleitung die strömende Elektrizität sich gleichmäßig über den gesamten Leiterquerschnitt verteilen ließ.

Die Urteile über dieses mathematisch-physikalische Werkchen waren spärlich und im allgemeinen vorsichtig zurückhaltend. Nur Georg Friedrich Pohl als Anhänger der naturphilosophischen Richtung verdammte es in einer Besprechung in der „Allgemeinen Literaturzeitung" in Grund und Boden. „Eine Naturforschung, welche die Natur heilig achtet und innere lebendige Funktionen in ihr anerkennt, kann eine so durchaus mechanische Komposition entweder nur als ein für die Wissenschaft zweckloses Spiel mit mathematischen Symbolen und leeren hypothetischen Formen betrachten, oder sie muß da, wo jene mehr als dieses sein will, sich von ihr wie von dem Erzeugnis einer unheilbaren Täuschung, welche nur die Mathematik zu mißbrauchen und die Natur herabzuwürdigen trachtet, gänzlich abwenden."

Die Nachwelt hat sich diesem Urteil freilich nicht angeschlossen, und auch die wirklich führenden Physiker der damaligen Zeit nahmen es nicht ernst. Ohm aber war aufs äußerste erbittert und machte seinem Grimme Luft in einem Aufsatze des Titels: „Nachträge zu Ohms mathematischer Bearbeitung der galvanischen Kette; Sendschreiben des Dr. G. S. Ohm, Prof. zu Berlin, an den Hofrat Pfaff, Prof. zu Erlangen", seinen Freund und Gönner.

Abb. 2. Georg Simon Ohm als Lehrer an der Allgemeinen Kriegsschule in Berlin (etwa 1830). Nach einer Zeichnung im Besitze des Verfassers.

Volle Anerkennung zollte den Ohmschen Untersuchungen zwei Jahre später Fechner, als er 1829 im Vorwort zu seinem „Lehrbuch des Galvanismus und der Elektrochemie" (zugleich dem dritten Bande der deutschen Bearbeitung von Biots Lehrbuch der Experimentalphysik) erklärte: „In Darstellung der Umstände, von welchen die quantitativen Verhältnisse der Wirksamkeit galvanischer Ketten abhängen, bin ich nicht sowohl der Ohmschen Theorie gefolgt, als ich durch Erfahrungen nachgewiesen habe, daß ihre wesentlichsten Folgerungen sich in der Wirklichkeit bestätigen." Noch weit höher steigerte er aber den Ausdruck seiner Bewunderung zwei Jahre später in den „Maßbestimmungen über die galvanische Kette", wo er bekannte: „Die Gesamtheit meiner Versuche kann gar keinen Zweifel übriglassen, daß die allgemeine Form der Formel, die (die Ohmsche Theorie) für die Kraft der geschlossenen Kette aufstellt, die richtige sei, und ich kann demgemäß nicht umhin, Ohm das Verdienst beizumessen, mit den wenigen Buchstaben dieser so einfachen Formel eine neue Epoche für die Lehre des Galvanismus begründet zu haben."

Ohm selbst war inzwischen nicht müßig geblieben. Seine 1826 ausgesprochene Erwartung, daß die ihm „in der Königsstadt (Berlin) vergönnte Muße bei den dort offenen Mitteln" es ihm ermöglichen würde, „nie mehr in jene traurigen, (seine) geistige Zerstörung mit sich führenden Verhältnisse (am Gymnasium in Köln) zurückzukehren", hatte sich zwar erfüllt, aber doch in einem andern als dem erhofften Sinne. Er war aus dem Schuldienste ausgeschieden und begnügte sich mit den anfangs recht geringen Einnahmen, die ihm seine Tätigkeit als Professor an der Allgemeinen Kriegsschule in Berlin einbrachte (s. Abb. 2).

Er bemühte sich unter anderem um die „theoretische Herleitung der Gesetze, nach welchen sich das Erglühen

von Metalldrähten durch die galvanische Kette richtet", ohne daß ihm hierbei ein Erfolg beschieden war, lieferte dafür aber im gleichen Jahre (1829) neuerlich „Experimentale Beiträge zu einer vollständigen Kenntnis des elektromagnetischen Multiplikators", in denen meines Wissens zum ersten Male die Festlegung einer elektrischen Widerstandseinheit erfolgt. Ohm sagt dort nämlich:

„Setzt man den Leitungskoeffizienten des Kupfers gleich 1 und den Leitungskoeffizienten irgend einer anderen Materie gleich k, so folgt, . . . daß ein aus dieser Materie gebildeter prismatischer Leiter, dessen Länge in Fußen durch die Zahl l und dessen Querschnitt in Quadratlinien durch die Zahl ω angezeigt wird, der Leitung einen Widerstand von der Größe $\frac{l}{k\,\omega}$ entgegenstellen werde, zu welcher Zahl aber stets der Widerstand, welchen ein ein Fuß langer kupferner Leiter, dessen Querschnitt eine Quadratlinie ist, dem Strome entgegensetzt, als Einheit hinzugedacht werden muß."

Abb. 3. Galvanoskop, hergestellt von G. S. Ohm. Im Besitze des Deutschen Museums, München.

Vergeblich bemühte er sich auch, das „Wogen der elektrischen Kraft", modern gesprochen: die durch Polarisationsvorgänge bedingten Spannungsschwankungen inkonstanter galvanischer Elemente formelmäßig zu erfassen. Dagegen führten ihn „Versuche zu einer näheren Bestimmung der Natur unipolarer Leiter" 1830 zu der Einsicht, daß wenigstens bei festen Leitern diese einseitige Sperrwirkung auf die Abscheidung nichtleitender Bestandteile an dem betreffenden Poldraht zurückzuführen ist. Die Geräte zur Durchführung aller dieser Versuche hat er sich übrigens selbst beschaffen oder herstellen müssen (s. Abb. 3).

Als trotz aller dieser Erfolge und Bemühungen sich aber nirgendwo die Aussicht auf eine akademische Lehrkanzel für ihn eröffnete, ward er des äußerlich unfruchtbaren Tuns müde. Er entschloß sich zum Verzicht auf weitere rein wissenschaftliche Arbeit und übernahm 1833 die Stelle eines Professors an der polytechnischen Schule in Nürnberg. Sechzehn Jahre lang war er hier erfolgreich tätig, das letzte Jahrzehnt dieses Zeitraums als Rektor der Anstalt. Schon ehe ihm durch die Verleihung der Copleymedaille seitens der Royal Society in London im Jahre 1841 eine der größten wissenschaftlichen Ehrungen zuteil geworden war, deren sich nur Gauß in Deutschland noch rühmen konnte, hatte Ohm aber schon wieder den Weg zur Forschung zurückgefunden.

Nach sechsjähriger Pause erschienen 1839 „Bemerkungen über Kombinationstöne und -stöße", auf die 1840 die „Beschreibung einiger einfacher Vorrichtungen zur Anstellung der Lichtinterferenzversuche" folgte. Als dann 1841 August Seebeck „Beobachtungen über einige Bedingungen zur Entstehung von Tönen" bekannt machte, griff Ohm dieses Thema vom theoretischen Standpunkte her auf und ließ 1843 in Poggendorffs Annalen der Physik eine ausführliche Darlegung „über die Definition des Tones nebst daran geknüpfter Theorie der Sirene und ähnlicher tonbildender Vorrichtungen" erscheinen. Er hatte es schon bei seinen früheren Überlegungen als eine „ausgemachte Sache vorausgesetzt, daß die Bestandteile eines Tones, dessen Schwingungsmenge m sein soll, die Form $a \sin 2\pi m t$ oder $a \cos 2\pi m t$ einhalten müssen . . . und umgekehrt, daß eine Sukzession von Eindrücken auf unser Ohr, welche ununterbrochen die hier aufgestellte Form einhält, auch notwendig die Empfindung eines Tones bewirken müsse". Indem er nun „als Mittel der Beurteilung, ob in einem gegebenen Eindruck die Form $a \sin 2\pi (m t + p)$ als reeller Bestandteil enthalten sei oder nicht . . . das durch seine vielfachen und wichtigen Anwendungen berühmt gewordene Theorem von Fourier" benutzt, bemüht er sich, die Richtigkeit seiner Annahme zu erhärten, daß „ein Ton von der Schwingungsmenge (wir sagen: der Schwingungszahl) m ausschließlich gebildet werde durch eine Bewegung von der Form $a \cos 2\pi (m t + \vartheta)$. Er vermochte Seebeck freilich nicht von der Richtigkeit dieser Auffassung zu überzeugen und erlebte auch den Zeitpunkt der allgemeinen Anerkennung dieses zweiten, des akustischen Ohmschen Gesetzes nicht mehr, das Helmholtz' Schüler Brandt und vor allem Helmholtz selbst kurz nach Ohms Tode voll bestätigen konnten. Unzweifelhaft kommt Ohm aber das Verdienst zu, die für die moderne Klanganalyse geradezu grundlegende Fourieranalyse in die Schallforschung eingeführt zu haben.

Größere Pläne, die er jahrzehntelang gehegt und zu deren Wiederaufnahme ihn die Anerkennung ermutigt hatte, die ihm von seiten der Royal Society zuteil ward, reiften nicht mehr. „Beiträge zur Molekularphysik" sollten zeigen, wie sich „der Bau des physischen Körpers in solcher Weise auffassen lasse, daß mit jenen Eigenschaften des materiellen Raumerfüllenden, die wir vorzugsweise als ihm angehörige ins Auge zu fassen gewohnt sind, zugleich und notwendigerweise auch alle die gegeben seien, welche wir uns bis dahin mehr wie seine Gäste vorzustellen pflegten, und wofür man, wenn nicht außer, doch neben dem Körper liegende Ursachen erdacht hat(te), die als massenlose und doch selbständige Naturdinge unter den Namen Licht, Wärme, Elektrizität usw. in der Physik Bürgerrecht erlangt" hatten. Von diesem Werke erschien 1849 nur der erste Band; „Elemente der analytischen Geometrie im Raume am schiefwinkligen Koordinatensysteme". Es war das gleiche Jahr, in welchem Ohm endlich auch in seinem Vaterlande auf den ihm gebührenden Platz rückte. Er wurde als Konservator der mathematisch-physikalischen Sammlungen des Bayrischen Staates und ordentlicher Professor an der Universität nach München berufen.

Wiederum stattete er den Dank für diese Anerkennung in mehr als nur Worten ab. In den Abhandlungen der bayrischen Akademie erschien von Ohm 1852 und 1853 eine „Erklärung aller in einachsigen Kristallplatten zwischen geradlinig polarisiertem Lichte wahrnehmbaren Interferenzerscheinungen in mathematischer Form mitgeteilt", und für seine Hörer verfaßte er „Grundzüge der Physik als Kompendium zu seinen Vorlesungen", eines der besten Lehrbücher der Physik, die um die Mitte des 19. Jahrhunderts in Deutschland erschienen sind.

Ostern 1854 unterzeichnete er das Vorwort dieses Buches. Schon wenige Monate später, am 6. Juli 1854, setzte der Tod dem Leben des rastlos tätigen Mannes eine Schranke, eines Mannes, dem nach den Worten von Martius „diese Universalität des Urteils (eignete), welche wir den meisten großen Mathematikern zuschreiben müssen."

Der Stand der Forschung über das Wesen der Elektrizitätsleitung.

Von W. Meißner, München.

DK 537.31

Übersicht. Für unsere Anschauungen über das Wesen der Elektrizitätsleitung sind die Forschungsarbeiten über folgende Punkte wichtig: Die Träger des elektrischen Stromes. — Der Einfluß der Temperatur im Zusammenhang mit der charakteristischen Temperatur der Metalle; die Temperaturabhängigkeit in der Nähe des absoluten Nullpunktes. — Der Zusammenhang zwischen spezifischem und atomarem Widerstand bei gleichen reduzierten Temperaturen. — Die Widerstandserhöhung durch ein Magnetfeld, insbesondere bei Kristallen von regulären Metallen. — Der Zusammenhang zwischen Elektrizitätsleitung und Wärmeleitung. — Die Temperaturabhängigkeit des Widerstandes von Halbleitern. — Die Sommerfeldsche Elektronentheorie und ihr Ausbau durch die Wellenmechanik unter Berücksichtigung der Restionen des Metalls.

Der 150. Geburtstag von G. S. Ohm am 16. März dieses Jahres gibt Veranlassung, einen Rückblick auf die Entwicklung unserer Anschauungen über die Elektrizitätsleitung zu werfen.

Die bahnbrechende Leistung Ohms bestand im wesentlichen darin, daß er zeigte, welches Grundgesetz für die stationäre Strömung der Elektrizität gilt, während vor ihm nur die Gesetze für das Verhalten der Elektrizität im statischen Zustand bekannt waren. Das „Ohmsche Gesetz" geht heute schon den Schulkindern in Fleisch und Blut über. Es hat auch nach dem heutigen Stand der Forschung noch allgemeine Gültigkeit, von einigen wenigen Ausnahmefällen abgesehen.

Ein solcher Ausnahmefall liegt beim Eintritt der Supraleitfähigkeit vor, wie ich in einem früheren Bericht über den Stand der Forschung über die Supraleitung in dieser Zeitschrift dargelegt habe[1]). Überhaupt liegt die Supraleitung völlig außerhalb des Rahmens der gewöhnlichen Leitung, weshalb im folgenden auch auf sie nicht eingegangen wird.

Wenn wir uns mit dem „Wesen" der elektrischen Leitfähigkeit befassen, so können wir uns auf den Fall des Gleichstroms beschränken. Alle Erscheinungen, die auftreten, wenn wir es nicht mit einem stationären Zustand zu tun haben, lassen sich aus den Vorstellungen über das Wesen des Gleichstroms mit Hilfe der Maxwellschen Theorie und unserer Vorstellung über das Wesen des Magnetismus ableiten, ohne daß neue Grundbegriffe über die elektrische Strömung selbst erforderlich wären.

1. Die Träger des elektrischen Stroms.

Wir können heute mit großer Sicherheit behaupten, daß die Träger des elektrischen Stroms leicht bewegliche (nicht vollkommen freie), negativ geladene Teilchen sind, für die das Verhältnis von elektrischer Ladung zu Masse annähernd denselben Wert wie bei freien Elektronen hat. Diese Sicherheit verdanken wir hauptsächlich Versuchen von R. C. Tolman und Mitarbeitern, die in den Jahren 1917 bis 1926 veröffentlicht wurden. Verschiedene Versuche sprechen weiter dafür, daß die Leitungselektronen in Metallen große Geschwindigkeit besitzen. Bei den Versuchen von Tolman und Mitarbeitern wurden in der Hauptsache die Wirkungen bestimmt, die beim plötzlichen Anhalten eines schnell bewegten Elektrizitätsleiters durch die abgebremsten Leitungselektronen erzeugt werden. Solange wir es mit Gleichstrom zu tun haben, sind die Leitungselektronen im allgemeinen gleichmäßig über den Querschnitt des Leiters verteilt. Ferner ist im Inneren des Metalls keine Raumladung vorhanden: Die negative Ladung der Leitungselektronen und die positive Ladung der Restionen heben sich überall auf.

[1]) ETZ 56 (1935) S. 1061.

2. Einfluß der Temperatur.

Die Temperaturabhängigkeit des Widerstandes reiner, regulär kristallisierender Metalle läßt sich verhältnismäßig einfach beschreiben, wenn wir die sogenannte charakteristische Temperatur der Metalle nach Debye zu Hilfe nehmen. Diese charakteristische Temperatur hängt eng mit der spezifischen Wärme der Metalle zu-

r	reduzierter Widerstand	Au	Gold
t	reduzierte Temperatur	Cu	Kupfer
T	absolute Temperatur	Pb	Blei
Θ	charakteristische Temperatur nach Debye	Rh	Rhodium
		W	Wolfram
Li	Lithium	Ni	Nickel

Abb. 1. Reduzierter Widerstand regulärer Metalle als Funktion der reduzierten Temperatur.

sammen und ist $h\nu/k = \Theta$, wenn h das Plancksche elementare Wirkungsquantum, k die Boltzmann-Plancksche Konstante (Gaskonstante je Atom), und ν eine dem festen Metall zugehörige Grenzschwingungszahl ist, die etwa dem Fall entspricht, daß ein einzelnes Metallatom schwingt, während alle übrigen in Ruhe sind. Die Werte von Θ lassen sich sowohl aus Messungen über die spezifische Wärme wie aus Messungen über die Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes bestimmen.

Versteht man nun unter R den Widerstand einer Metallprobe bei der absoluten Temperatur $T°$ K und unter R_Θ den Widerstand derselben Probe bei der absoluten Temperatur Θ, so erhält man für die meisten regulären Metalle ein und dieselbe Kurve für den reduzierten Widerstand $\mathfrak{r} = R/R_\Theta$ als Funktion der reduzierten Temperatur $\mathfrak{t} = T/\Theta$, wie aus Abb. 1 zu ersehen ist. Nicht in die allgemeine Kurve hinein fällt das ferromagnetische Nickel sowie Wolfram, wie man sieht. Wie Abb. 1 zeigt, ist die Temperaturabhängigkeit bei höheren Temperaturen etwa linear. Die Gleichung der entsprechenden Geraden lautet etwa

$$R/R_\Theta = 1{,}17\, T/\Theta - 0{,}17 \qquad (1)$$

Es ist merkwürdig, daß dieses Gesetz elektronentheoretisch bis jetzt noch nicht abgeleitet wurde. In tiefen Temperaturen ist die Temperaturabhängigkeit von R/R_Θ komplizierter. Zunächst macht sich in sehr tiefen Temperaturen der Einfluß geringer Verunreinigungen oder einer mechanischen Deformation durch das Auftreten eines sog. „Restwiderstandes" bemerkbar: In allertiefsten Temperaturen bleibt bei nicht vollkommen reinen und deformationsfreien Metallen ein konstanter Widerstand übrig, sofern die Metalle nicht vorher supraleitend werden. Abgesehen von dem Restwiderstand aber nahm man bis vor kurzem an, daß in allertiefsten Temperaturen, also in der Nähe des absoluten Nullpunktes für vollkommen reine Metalle $R/R_\Theta = A\,(T/\Theta)^n$ ist, wobei n zwischen 4 und 5 liegt. Neueste Messungen, die im Leydener Kältelaboratorium von de Haas und Mitarbeitern an Drähten aus polykristallinem Gold durchgeführt wurden, haben aber diese Anschauung ins Wanken gebracht: Es zeigte sich, daß unterhalb 1° K der Widerstand der untersuchten Proben mit abnehmender Temperatur erst langsam, dann immer schneller wächst. Unterhalb 0,2° K ist der Anstieg schon so stark, daß die Forscher zu dem Schluß kommen, der Widerstand werde vermutlich am absoluten Nullpunkt unendlich groß werden. Es bleibt abzuwarten, ob auch sehr reine Einkristalle aus Gold ein derartiges Verhalten zeigen, oder ob der Wiederanstieg des Widerstandes unterhalb 1° K auf den noch vorhandenen Verunreinigungen (wogegen die bisherigen Messungen sprechen) oder auf Widerstand, der zwischen den einzelnen Kriställchen auftritt, beruht.

Bei den nicht regulär kristallisierenden reinen Metallen liegen die Verhältnisse hinsichtlich der Temperaturabhängigkeit naturgemäß viel unübersichtlicher als bei den regulären Metallen: Man muß berücksichtigen, daß der elektrische Widerstand in verschiedenen Kristallrichtungen verschieden groß ist. Grundsätzliche Schlüsse kann man daher bei nicht regulären Metallen nur aus Messungen an Einkristallen ziehen. Solche Messungen wurden daher im letzten Jahrzehnt in immer zunehmendem Maße angestellt. Natürlich kommen dann auch verschiedene Θ-Werte in verschiedenen Richtungen in Frage.

Aus allgemeinen Betrachtungen über die Symmetrieverhältnisse in anisotropen Kristallen lassen sich Gesetze für das Verhältnis des Widerstandes in verschiedenen Richtungen ableiten, die im allgemeinen befriedigend erfüllt sind.

Bei den elektrisch leitenden Legierungen und chemischen Verbindungen treffen wir noch erheblich unübersichtlichere Verhältnisse an, auf die im einzelnen einzugehen hier natürlich zu weit führen würde. Erwähnt werden mag nur, daß bisher ein Wegweiser in vielen Beziehungen das Matthiessensche Gesetz war. Dasselbe bezieht sich allerdings nur auf Mischkristall-Legierungen und sagt aus, daß der spezifische Widerstand einer solchen Legierung sich zusammensetzt aus einem von der Temperatur unabhängigen Zusatzwiderstand und einem für die reine Komponente geltenden temperaturabhängigen Widerstand. Gerade dieses Matthiessensche Gesetz wird nun aber durch die Leydener Messungen an sehr wenig verunreinigtem Gold vielleicht erschüttert.

3. Spezifischer und atomarer Widerstand.

Auch bezüglich des spezifischen Widerstandes hat die im 2. Abschnitt benutzte charakteristische Temperatur Θ Bedeutung. Man erkennt dies allerdings erst, wenn man statt des gewöhnlichen spezifischen Widerstandes ϱ den sog. „atomaren Widerstand" R_a einführt. Es ist $R_a = \varrho/V^{1/3}$, wenn V das Volumen eines Grammatoms ist. Bei gleichen Werten der reduzierten Temperatur T/Θ, oder, wie man sagt, bei korrespondierenden Temperaturen, ist die atomare Leitfähigkeit bei Metallen mit gleicher Anordnung der äußeren Elektronen annähernd gleich. Kinetisch betrachtet bedeutet dies, daß die Arbeit, welche nötig ist, um ein Elektron in der Stromrichtung um einen Gitterabstand weiter zu bewegen, für die betrachteten Metalle die gleiche ist, falls der Strom, bezogen auf das Quadrat des Gitterabstandes, der gleiche ist.

Ferner zeigt sich, daß die atomare Leitfähigkeit bei korrespondierenden Temperaturen im allgemeinen um so größer ist, je weniger Außenelektronen das Element besitzt. Um diese Gesetzmäßigkeit verfolgen zu können, muß man noch beachten, daß die Elektronenanordnung bei den Atomen im Verband des festen Körpers keineswegs immer dieselbe ist wie bei den freien Atomen.

4. Einfluß eines Magnetfeldes.

Die Untersuchung des Einflusses, den ein äußeres Magnetfeld auf den elektrischen Widerstand der Metalle hat, brachte weitere Aufschlüsse über das Verhalten der Leitungselektronen. Diese Messungen sind im letzten Jahrzehnt in einem großen Feldstärken- und Temperaturbereich durchgeführt worden. Kapitza benutzte Feldstärken bis zu 300 000 Gauß und Temperaturen bis herunter zu 80° K. Im Leydener Kältelaboratorium (de Haas und Mitarbeiter) sowie in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (Justi und Scheffers) sind Messungen in weniger starken Feldern bis herunter zu etwa 1° K angestellt worden. Grüneisen und Mitarbeiter stellten in Marburg Versuche bei Temperaturen bis herunter zu 20° K an. Die Verhältnisse liegen so, daß man in tiefen Temperaturen bei Verwendung derselben Feldstärken außerordentlich viel größere Widerstandsänderungen erzielt als bei höheren Temperaturen, so daß in tiefen Temperaturen die von Kapitza angewandten, durch eine geniale Methode erzeugten außerordentlich hohen Felder nicht erforderlich sind. Dies kommt, qualitativ gesprochen, dadurch zustande, daß in tiefen Temperaturen der Einfluß des Magnetfeldes auf die Elektronen durch die Wärmebewegung weniger gestört wird als in den hohen Temperaturen.

Besonders wichtig ist unter den Ergebnissen eine neue Feststellung von Justi und Scheffers: Man wußte schon früher, daß nichtreguläre Metallkristalle sich ähnlich wie bezüglich des gewöhnlichen Widerstandes, so auch hinsichtlich der Widerstandsänderung durch ein Magnetfeld stark anisotrop verhalten. Man nahm aber im allgemeinen an, daß regulär kristallisierende Metalle hinsichtlich der Widerstandsänderung durch ein Magnetfeld ähnlich wie hinsichtlich des gewöhnlichen Widerstandes isotrop sind. Im Gegensatz hierzu fanden Justi und Scheffers an reinsten Gold-, Wolfram-, Molybdän- und Bleieinkristallen starke Anisotropie der Widerstandsbeeinflussung durch ein Magnetfeld. Beispielsweise gibt Abb. 2 das Polardiagramm der Widerstandszunahme eines Wolframeinkristalls bei 2,4° K und 18 600 Oersted wieder. Dabei floß der Strom parallel zur Würfelkante des Kristalls, das Magnetfeld war senkrecht zum Strom und zur Würfelkante gerichtet (Transversaleffekt) und wurde um die Würfelkante als Achse herumgeschwenkt, so daß es z. B. bei der in Abb. 2 mit 0° bezeichneten Richtung senkrecht auf der Würfelfläche steht, bei dem Winkel 45° der Abbildung einen Winkel von 45° gegen die Würfelfläche bildet. Durch ein Magnetfeld von 35 000 Oersted steigt der Widerstand, der bei 4° K nur etwa $1 \cdot 10^{-5}$ von dem bei 0° C ist, etwa auf das $2{,}5 \cdot 10^5$ fache an, also auf das 2,5 fache des Wertes bei Zimmertemperatur. Wurde das Magnetfeld parallel der Stromrichtung gerichtet (Longitudinaleffekt), so zeigte der Wolframkristall bei den tiefsten Temperaturen keine merkliche Widerstandsvermehrung. Dagegen zeigten Goldkristalle sowohl im transversalen wie im longitudinalen Feld stark anisotrope, allerdings kleinere Widerstandsänderungen, und zwar waren in diesem Fall die Erscheinungen noch erheblich komplizierter als beim Wolframkristall. Es ergaben sich Maxima und Minima nicht nur bei 0° und 45° (Abb. 2), sondern die Vielzähligkeit der Anisotropie war größer. Kupferkristalle größter Reinheit weisen ebenfalls starke Anisotropie der magnetischen Widerstandsänderung auf, wie Messungen von Grüneisen und Adenstedt in Querfeldern bis 12 000 Oersted und bei 20° K zeigten.

Diese Forscher untersuchten auch Einkristalle aus Wolfram und dem nichtregulären Beryllium.

Auch Blei, das bei 7,2 ° supraleitend wird, zeigte bei 4 ° K eine stark anisotrope Widerstandsvermehrung durch ein Magnetfeld, die derjenigen beim Wolframkristall auftretenden ähnelt. Dabei wird durch das Magnetfeld die Supraleitfähigkeit vernichtet, so daß sich das Blei wie ein normaler Leiter verhält.

0° gleich Magnetfeld-Richtung senkrecht Würfelfläche
Radiusvektor gleich $10^7 \Delta \varrho$

Abb. 2. Polardiagramm der Zunahme $\Delta \varrho$ des spezifischen Widerstandes ϱ eines Wolframkristalls bei 4,22 ° K in einem Magnetfeld von 18 600 Ø senkrecht zum Strom. (Nach Justi u. Scheffers, Phys. Z. 37 (1926) S. 703.)

Dagegen konnte an einem sehr reinen Aluminiumkristall durch Justi und Scheffers nur eine sehr geringe Anisotropie der Widerstandszunahme festgestellt werden, die noch gerade die Meßfehlergrenze überschritt. Auch bei der Widerstandserhöhung durch ein Magnetfeld ist es so, daß als maßgebende Temperatur die reduzierte Temperatur $t = T/\Theta$ anzusehen ist: Die Widerstandsbeeinflussung wird bei gleicher Temperatur T für die verschiedenen Metalle um so stärker, je höher ihre charakteristische Temperatur Θ, je kleiner also die reduzierte Temperatur ist.

Bezüglich der Abhängigkeit der Widerstandszunahme von der Größe des Magnetfeldes (bei unveränderter Lage von Kristall und Magnetfeld) ergaben die Messungen, daß bei den meisten untersuchten Kristallen der Widerstand mit zunehmendem Magnetfeld stark anwächst (bei niedrigen Feldstärken stärker, etwa mit dem Quadrat der Feldstärke, bei höheren Feldstärken weniger stark), ohne daß bei den höchsten Feldern eine Andeutung für ein Konstantwerden des Widerstandes vorlag. Dagegen war beim Aluminiumkristall die Widerstandszunahme im Transversalfeld bei 4 ° K und 35 000 Gauß bei weiterem Anwachsen des Feldes nur noch gering. Es scheinen gewisse Regelmäßigkeiten für die Widerstandszunahme im Magnetfeld auch durch die Stellung der Metalle im periodischen System bedingt zu sein, worauf aber hier, da die Zahl der untersuchten Metalle noch klein ist, nicht näher eingegangen werden soll.

5. Zusammenhang zwischen Elektrizitätsleitung und Wärmeleitung.

Nach allem, was wir wissen, wird ein Teil der Wärmeleitung durch die gleichen Leitungselektronen bewirkt, die die Elektrizitätsleitung besorgen, während ein anderer kleinerer Teil der Wärmeleitung den Schwingungen des Metallgitters zuzuordnen ist. Dementsprechend besteht besonders in hohen Temperaturen, wo die Kristalleitung wenig ausmacht, ein enger Zusammenhang zwischen elektrischer Leitfähigkeit $\varkappa$ und thermischer Leitfähigkeit λ, der durch das Wiedemann-Franz-Lorenzsche Gesetz gegeben ist. Nach diesem ist $\lambda/\varkappa \cdot T$ eine universelle Konstante. Wie gesagt, ist dies Gesetz nur in hohen Temperaturen gültig, während in tiefen Temperaturen die Größe von $\lambda/\varkappa \cdot T$ stark absinkt. Gerade die Messungen in tiefen Temperaturen geben dann aber vielleicht ein Mittel an die Hand, den Anteil der Kristalleitung an der Wärmeleitung von der Elektronenleitung zu trennen, wie Messungen von Grüneisen und Adenstedt gerade neuerdings wieder zeigten. Bei diesen Messungen ergab sich auch das neue Resultat, daß auch die thermische Leitfähigkeit bei regulären Kristallen durch das Magnetfeld eine anisotrope Beeinflussung erfährt. Besonders in tiefen Temperaturen tritt dies wieder deutlich in Erscheinung.

6. Halbleiter.

Bei den normalen Elektrizitätsleitern, auch bei allen Legierungen und vielen chemischen Verbindungen, kann man annehmen, daß die Zahl der je Metallatom vorhandenen Leitungselektronen von der Größenordnung 1 ist und sich mit der Temperatur nicht ändert. Die Änderung des Widerstandes mit der Temperatur wird also nicht durch Änderung der Zahl der Leitungselektronen bewirkt, sondern durch Veränderung des Widerstandes, den die Restionen den Elektronen bieten.

Von diesen normalen Elektrizitätsleitern unterscheiden sich die sogenannten Halbleiter grundsätzlich dadurch, daß in ihnen die Zahl der Leitungselektronen je Atom viel kleiner als bei den ersteren ist, und daß diese Zahl außerdem stark von der Temperatur abhängt, nämlich im allgemeinen mit zunehmender Temperatur steigt. Die Folge davon ist, daß der Widerstand der Halbleiter im Gegensatz zu dem der normalen Elektrizitätsleiter mit steigender Temperatur im allgemeinen abnimmt. Als erschwerend für das Verständnis der Vorgänge im Halbleiter kommt hinzu, daß ihr Widerstand sehr stark durch geringe Mengen von Verunreinigungen beeinflußt wird. Infolgedessen haben sich viele Substanzen, die man früher als Halbleiter ansah, als normale Elektrizitätsleiter erwiesen, als es gelang, sie in sehr reinem Zustand und womöglich als Einkristalle herzustellen. Beispiele hierfür sind Graphit und Silizium. Trotzdem bleibt noch eine große Zahl von echten Halbleitern übrig, insbesondere halbleitende Metalloxyde, wobei noch verschiedene Gruppen zu unterscheiden sind. Unter den Halbleitern haben einige, z. B. Kupferoxydul, größere technische Bedeutung gewonnen, u. a. durch ihre Verwendung für Sperrschicht-Photozellen und Gleichrichter.

Im ganzen genommen liegen die Verhältnisse bei den Halbleitern viel unübersichtlicher als bei normalen Elektronenleitern.

7. Theoretisches.

Eine Theorie der elektrischen Leitung mit Hilfe der Grundannahme, daß Leitungselektronen die Träger des Stromes sind, ist in den letzten 40 Jahren wiederholt versucht worden. Die ursprünglichen Theorien stießen auf große Schwierigkeiten, als sich zeigte, daß die spezifische Wärme der Metalle in tiefen Temperaturen auf 0 absinkt, was dann auch für die mit den Atomen im Wärmekontakt stehenden Leitungselektronen der Fall sein müßte. Da man aber die Leitungselektronen als ideales Gas auffaßte, war das Absinken ihrer spez. Wärme zunächst nicht verständlich.

Die Elektronentheorien wurden zu neuem Leben erweckt durch Sommerfeld, der in Anlehnung an Pauli für die Leitungselektronen die Fermische Statistik, die auf dem Paulischen Ausschließungsprinzip beruht, anwandte. Während früher in den für die Leitungselektronen benutzten Statistiken die verschiedenen Zustände als von vornherein gleich wahrscheinlich angesehen wurden, besitzen in der neuen Statistik die Besetzungszahlen der Zustände mit Partikeln die gleiche Wahrscheinlichkeit, wobei in der Fermischen Statistik nur die Besetzungszahl 0 oder 1 als zulässig angesehen wird. Die

ältere klassische Statistik ergibt sich dann als Grenzfall der neuen Statistik für sehr hohe Temperaturen. In tiefen Temperaturen wird nun auch die spezifische Wärme der Leitungselektronen sehr klein, und zwar proportional T. Diese Sommerfeldsche Theorie, über die 1929 von R. Samuel in dieser Zeitschrift ein ausführliches Referat veröffentlicht wurde[2]), konnte nicht nur die Elektrizitätsleitung durch Leitungselektronen verständlich machen, sondern sie lieferte auch für die Wiedemann-Franz-Lorenzsche Zahl einen Wert, der mit der Erfahrung besser übereinstimmte als der nach den klassischen Theorien sich ergebende.

Aber es ist von vornherein verständlich, daß eine Elektronentheorie, die wie die ursprüngliche Sommerfeldsche die Leitungselektronen als ein Gas auffaßt und die Restionen nicht im einzelnen berücksichtigt, die Feinheiten der Elektrizitätsleitung, wie wir sie in den vorhergehenden Abschnitten kennen gelernt haben, nicht wiedergeben kann. Um diese zu erfassen, mußte die neue Elektronentheorie so durchgebildet werden, daß die Eigenschaften der Restionen mit berücksichtigt werden. Es gelang dies bis zu einem gewissen Grad durch die Übertragung der Wellenmechanik auf die Leitungselektronen, die sich im periodischen Potentialfeld der Restionen bewegen. Es ist auch möglich, hierbei die Anisotropieverhältnisse, die durch die Kristalleigenschaften der betreffenden Metalle gegeben sind, mit zu erfassen. An der Entwicklung dieser wellenmechanischen Elektronentheorien sind besonders Bloch, Peierls, Nordheim, Bethe und neuerdings Kohler sowie Meixner beteiligt. Kohler fand unter gewissen Annahmen, insbesondere der Annahme der Existenz einer mittleren isotropen Streuzeit der Elektronen durch die Restionen, wellenmechanisch für Metalle mit zwei Leitungselektronen je Atom folgendes allgemeine Gesetz: Die relative Widerstandszunahme $\Delta\varrho/\varrho_H$ im magnetischen Quer- oder Längsfeld ist bei nicht zu großem Restwiderstand lediglich eine Funktion des Verhältnisses $H/\varrho_{H=0}$. Aus diesem Gesetz läßt sich auch folgender, von Justi und Scheffers schon empirisch gefundener Zusammenhang zwischen Feld- und Temperaturabhängigkeit der Widerstandszunahme im magnetischen Feld ableiten: Bei konstantem magnetischem Feld und sinkender Temperatur nimmt die magnetische Widerstandsvermehrung zu, bleibt unverändert oder nimmt ab, je nachdem, ob die Widerstandsvermehrung bei konstanter Temperatur mit wachsendem Magnetfeld beschleunigt, linear oder verzögert zunimmt.

Diese Regel und das Kohlersche Gesetz scheinen durch alle bisher vorliegenden Messungen, ausgenommen die an Wismuth, gut bestätigt zu sein.

Nach einer wellenmechanischen Theorie von Meixner soll das Wiedemann-Franz-Lorenzsche Gesetz in höheren Temperaturen auch erfüllt sein, falls das Metall sich im Magnetfeld befindet.

Im einzelnen ergibt der Vergleich der Experimente mit der wellenmechanischen Elektronentheorie, daß verschiedene Typen von Metallen zu unterscheiden sind, je nach der Stärke, mit der die Leitungselektronen an die Restionen gebunden sind. So scheinen die Elektronen im Aluminium verhältnismäßig schwach, im Gold verhältnismäßig fest an die Restionen gebunden zu sein. Daß aber auch im Aluminium die Leitungselektronen, zum mindesten in tiefen Temperaturen, keineswegs als frei angesehen werden dürfen, ergibt sich daraus, daß Aluminium bei 1,1 °K supraleitend wird. Die Supraleitfähigkeit läßt sich bei Zugrundlegung eines freien Elektronengases auf keinen Fall verstehen. Zu ihrer Erklärung muß sicher das Ionengitter mit herangezogen werden.

Für das von de Haas neuerdings beobachtete starke Ansteigen des Widerstandes von verhältnismäßig reinem polykristallinem Gold unter 1 °K vermögen die Elektronentheorien bis jetzt keine Erklärung zu geben. Allerdings muß, wie schon oben betont, noch abgewartet werden, wie sich sehr reine Einkristalle aus Gold oder anderen Metallen bei diesen Temperaturen verhalten. Aber selbst der einfache experimentelle Befund, der durch unsere Gl. (1) wiedergegeben wird, ist, wie schon oben erwähnt, durch die Elektronentheorien noch nicht erklärt.

[2]) R. Samuel, ETZ 50 (1929) S. 1481.

Wenn wir also auch wohl so weit sind, daß wir mit großer Sicherheit qualitativ angeben können, in welcher Weise der Elektrizitätstransport durch die Leitungselektronen erfolgt und sogar mancherlei Einzelheiten theoretisch ableiten können, so bleibt doch gerade für die Theorie noch viel zu tun übrig. Hierbei werden allerdings noch weitere Versuche herangezogen werden müssen. Umgekehrt hat die experimentelle Forschung schon jetzt durch die Theorien viele neue Anregungen und die Möglichkeit, vieles zusammenzufassen und zu verstehen, erhalten.

Zusammenfassung.

Die Forschung über das Wesen der Elektrizitätsleitung hat zu der sicheren Erkenntnis geführt, daß in normalen Elektrizitätsleitern der elektrische Strom durch Elektronen getragen wird, die zwischen den Restionen des Kristallgitters zwar leicht beweglich, aber nicht völlig frei sind, und für die sich wellenmechanisch Gesetze bezüglich ihrer Beweglichkeit und ihres Energieniveaus ableiten lassen. Die experimentellen Befunde lassen sich übersichtlich darstellen, wenn man statt des spezifischen Widerstandes den atomaren Widerstand heranzieht und außerdem beim Vergleich verschiedener Metalle die reduzierten Widerstände bei gleichen reduzierten Temperaturen benutzt. Hierbei sind die reduzierten Temperaturen die Quotienten aus absoluter Temperatur und charakteristischer Temperatur nach Debye, die reduzierten Widerstände die Quotienten aus Widerstand bei der betrachteten Temperatur und Widerstand bei der charakteristischen Temperatur. Wie wichtig die Anordnung der Atome im Metallkristall für die Vorgänge der Elektrizitätsleitung ist, zeigen neue Versuche über Widerstandserhöhung im Magnetfeld, nach denen sogar für regulär kristallisierende Metalle die Widerstandszunahme bei verschiedenen Richtungen des Magnetfeldes zu den Kristallflächen verschieden ist, auch wenn das Magnetfeld stets senkrecht zu dem in seiner Richtung unverändert gelassenen Strom steht. Völlig unerwartet und von der Theorie noch nicht erfaßt ist ein neuer Befund über den Widerstand von polykristallinem Gold in der Nähe des absoluten Nullpunktes. Der Widerstand nimmt dort mit sinkender Temperatur wieder stark zu und scheint beim absoluten Nullpunkt unendlich groß zu werden. Ob dieser Effekt auch bei Einkristallen bestehen bleibt, ist noch nicht untersucht.

Schrifttum.

1. W. Meißner: Elektronenleitung. Galvanomagnetische, thermoelektrische und verwandte Effekte. Handbuch der Experimentalphysik Bd. 11, 2, S. 1 bis 310, Leipzig 1935. (Mit ausführlichem Schrifttumsverzeichnis).
2. A. Sommerfeld u. H. Bethe: Elektronentheorie der Metalle. Handbuch der Physik Bd. 24, 2, S. 333 bis 620. Berlin 1934. (Mit ausführlichen Schrifttumsangaben.)
3. E. Justi u. H. Scheffers: Neuartige Experimente und Anschauungen zur Erklärung der metallischen Leitfähigkeit. Metallwirtsch. 17 (1938) S. 1357. (Mit Angabe der Einzelarbeiten).
4. E. Grüneisen u. H. Adenstedt: Einfluß transversaler Magnetfelder auf Elektrizitäts- u. Wärmeleitung reiner Metalle bei tiefer Temperatur. Ann. Phys. 31 (1938) S. 714.
5. E. Grüneisen: Zur Änderung des Wärmewiderstandes reiner Metalle im transversalen Magnetfeld. Ann. Phys., Lpz. 32 (1938) S. 219.
6. W. J. de Haas u. J. de Nobel: The thermal and electrical resistance of a tungsten single-cristal at low temperature and in magnetic fields. Physica, Haag 5 (1938) S. 449. Comm. Leiden 251 d.
7. W. J. de Haas, H. B. G. Casimir u. G. J. van den Berg: The electrical resistance of gold below 1 °K. Physica, Haag, 5 (1938) S. 225. Comm. Leiden 251 c.
8. F. Möglich: Über das Leitfähigkeitsgesetz bei Halbleitern. Z. Phys. 109 (1938) S. 503.
9. M. Kohler: Transversale und longitudinale Widerstandsänderung von zweiwertigen Metallen kubisch-raumzentrischer Kristallstruktur. Phys. Z. 39 (1938) S. 9.
10. M. Kohler: Zur magnetischen Widerstandsänderung reiner Metalle. Ann. Phys. 32 (1938) S. 211. Naturwiss. 26 (1938) S. 630.
11. M. Kohler: Das Wiedemann-Franzsche Gesetz in Kristallen beliebiger Kristallform. Ann. Phys. 31 (1938) S. 116.
12. J. Meixner: Das Wiedemann-Franzsche Gesetz in Metallen beliebiger Kristallstruktur bei beliebigem Magnetfeld. Ann. Phys. 33 (1938) S. 682.

RUNDSCHAU.

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.331.081.3

Bestimmung des absoluten Ohm. [Nach H. L. Curtis, Ch. Moon und C. M. Sparks, J. Res. Nat. Bur. Stand. 21 (1938) S. 375; 49 S., 18 Abb.]

Um die Einführung der absoluten Einheiten vorzubereiten, sind die Staatslaboratorien seit langem damit beschäftigt, das Verhältnis der bisherigen internationalen Einheiten zu den absoluten festzulegen. Zur Bestimmung des absoluten Ohm benutzen H. L. Curtis, Ch. Moon und C. M. Sparks im Bureau of Standards die Tatsache, daß internationales und absolutes Ohm dasselbe Verhältnis haben wie internationales und absolutes Henry. Es wird daher der Selbstinduktionskoeffizient einer Spule in absoluten Henry aus den sorgfältig ausgemessenen Dimensionen der Spule und der Permeabilität des Spulenkörpers berechnet. Dann wird dieselbe Spule auf elektrischem Wege in internationalen Henry ausgemessen und damit auf das internationale Ohm und die Sekunde zurückgeführt.

Abb. 1. Schaltung zur Messung in internationalen Henry.

Frühere Messungen hatten gezeigt, daß die größte Fehlerquelle bei der Ausmessung einer Spule in den Schwankungen der Ganghöhe liegt. Die Verfasser benutzten daher nicht mehr wie früher einen glatten zylindrischen Spulenkörper, sondern schneiden in eine Röhre aus Pyrexglas von etwa 120 cm Länge und 10 cm Wandstärke ein Gewinde ein, das als Träger der einlagigen Spule dient. Die Einhaltung eines konstanten Durchmessers bereitet dabei besondere Schwierigkeiten. Daß sie gelungen ist, zeigt das zur Messung der Ganghöhe erforderliche Anpolieren der Windungen auf vier Seitenlinien des Zylinders. Es entstehen dabei schmale elliptische Flecken von etwa 1 mm Länge, wenn die Dicke der abpolierten Schicht 1 μ beträgt. Die Längenunterschiede der Flecken betrugen nur einige Zehntel-Millimeter; von 4000 polierten Stellen fiel nur eine aus. Die Messung der Ganghöhe wurde nach zwei Verfahren, mit Mikrometer und Kathetometer ausgeführt, die Messung des äußeren Spulendurchmessers mikrometrisch mit zwei verschiedenen Endmaßen, die Messung des Drahtdurchmessers mikrometrisch und aus Länge, Gewicht und Wichte. Die erhaltenen Werte sind: Spulendurchmesser 34,768 38 cm, Drahtdurchmesser 0,072 01 cm, Ganghöhe 0,099 999 24 cm, Windungszahl 1000,000. Aus ihnen und der Permeabilität 0,999 989 ergibt sich die Selbstinduktion nach den Snowschen Formeln mit einem möglichen Fehler von vier Millionstel.

Die Messung in internationalen Henry erfolgte in der Schaltung der Abb. 1. Mit dem Schalter D oder D' wird die beschriebene Induktionsspule oder eine Ersatzinduktion, deren Form aus der Abbildung ersichtlich ist, in die Wechselstrombrücke eingeschaltet und die Brücke abgeglichen. Die Differenz beider Selbstinduktionen ergibt sich aus den festen Widerständen der Brücke und der Differenz der benutzten Kapazitäten. Dieses Verfahren vermeidet Korrektionen für die Restinduktionen der Widerstände und für die Kapazität der Kondensatorzuleitungen. Die benutzten Kapazitäten werden dann mit dem Schalter H in die Kapazitätsbrücke eingeschaltet und durch die Widerstände dieser Brücke und die Schwingungszahl des Stimmgabelunterbrechers bestimmt. Besonderer Wert wurde auf den Bau des Galvanometers der Kapazitätsbrücke gelegt, das die Stromstöße genau integrieren muß. Die Magnete wurden aus Material mit möglichst verschiedenem spezifischen Widerstand hergestellt, um einen Einfluß von Wirbelströmen im Magneten aufzudecken. Ferner wurde die Form der Magnete verschieden gewählt.

Das Ergebnis der Messungen ist, daß das internationale Ohm des Bureau of Standards gleich 1,000 479 absoluten Ohm ist, mit einem Fehler von $20 \cdot 10^{-6}$. Wenn man die Abweichung der amerikanischen Einheit vom mittleren internationalen Ohm berücksichtigt und frühere Messungen mit geringerem Gewicht hinzunimmt, so ergibt sich 1 mittleres internationales Ohm = 1,000 472 absolute Ohm. *Br.*

DK 621.385.833

Die durch die Elektronenstreuung im Objekt verursachten Abbildungsfehler des Elektronenmikroskops und ihr Verhältnis zueinander. [Nach M. v. Ardenne, Z. Phys. 111 (1938) S. 152; 6 S., 5 Abb.]

Der Vorgang der räumlichen Streuung der Elektronen in der Objektschicht ist von grundsätzlicher Bedeutung bei der Untersuchung innerer Objektschichten mit Elektronenstrahlen[1]). Der hierdurch bedingte Abbildungsfehler bei der elektronenmikroskopischen Untersuchung von Objektschnitten wird durch die maßstäbliche Darstellung in Abb. 2 veranschaulicht. Die mittlere räumliche Streuung ist hier für drei verschiedene Voltgeschwindigkeiten berechnet. Nicht nur der Fehler der räumlichen Elektronenstreuung an den Atomkernen des Objektes,

Abb. 2. Die räumliche Elektronenstreuung in einem homogenen, organischen Präparat von 10^{-5} mm Dicke. (Schematische maßstäbliche Darstellung.)

[1]) Vgl. hierzu M. v. Ardenne, ETZ 59 (1938) S. 448.

sondern auch der chromatische Abbildungsfehler durch die Geschwindigkeitsstreuung der Elektronen an den Atomelektronen ist mit der Dicke der Objektschicht verknüpft. Daher ist es naheliegend, die Größe der beiden Fehler bei gleicher Objektschicht unter verschiedenen Verhältnissen zu vergleichen. Dieser in der referierten Arbeit durchgeführte Vergleich verdient deswegen besonderes Interesse, weil durch ihn der Anwendungsbereich des ohne chromatischen Abbildungsfehler arbeitenden Elektronen-Rastermikroskops gekennzeichnet wird. Der Anwendungsbereich liegt dort, wo der chromatische Abbildungsfehler größer als der Streufehler ist. Verschiedene Kurvenscharen geben Auskunft über das abgeschätzte Fehlerverhältnis als Funktion der Schichtdicke für verschiedene Tiefen der abgebildeten Objektebene, für verschiedene Anodenspannungen und für verschiedene Durchmesser der Objektivblende. Zum Beispiel für einen Objektschnitt von $5 \cdot 10^{-4}$ mm, 50 kV Anodenspannung und 0,05 mm Objektivöffnung dürfte der chromatische Fehler etwa zwölfmal so groß sein wie der räumliche Streufehler für 10% Objektebenentiefe. Der Hauptanwendungsbereich des Elektronen-Rastermikroskops liegt daher in der Untersuchung von nahe der Oberfläche gelegenen Objektschichten. *eb.*

DK 537.531.081

Zehn Jahre Erfahrungen in der Wahrung der „r"-Einheit und in der Meßgenauigkeit und der Konstanz der Eichstandgeräte. [Nach H. Küstner, Phys. Z. 39 (1938) S. 743; 18½ S., 1 Abb.]

Die Grundlage der Röntgendosimetrie ist die internationale Röntgeneinheit. Ihre Wahrung sowie die Möglichkeit der einfachen und genügend genauen Eichung aller Dosismeßgeräte in den medizinischen Betrieben ist die Voraussetzung jeder Röntgentherapie. Der Verfasser beschreibt die von ihm und seinen Mitarbeitern angestellten Untersuchungen, ob diese Voraussetzungen für das von ihm im Jahre 1927 beschriebene, in der Praxis weit verbreitete Eichstandgerät erfüllt sind. Dabei stellt sich heraus:

1. Die Ermittlung der „r"-Einheit mit Hilfe des großen Eichstandgerätes stimmt mit der Ermittlung bei der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt auf weniger als 1 % überein.
2. Ein Vergleich von 6 Eichstandgeräten zeigte Abweichungen innerhalb der Grenzen von ± 1,4 %.
3. Abweichungen in der mittleren Angabe der Eichstandgeräte innerhalb von 10 Jahren bleiben unter der Nachweisbarkeitsgrenze.
4. Die Einzelangaben eines mit Gammastrahler ausgerüsteten großen Eichstandgerätes liegen in den Grenzen von ± 0,5 %.

erl.

DK 621.317.75.027.3

Ein neues Verfahren zur Kurvenmessung bei Hochspannung. [Nach H. E. Linckh, Phys. Z. 39 (1938) S. 727; 8 S., 6 Abb.]

Die an einem kapazitiven Hochspannungsteiler abgegriffene Meßspannung U_x wird gegen eine sinusförmige Vergleichsspannung U_{sin} kompensiert (Abb. 3), so daß die Ober-

$U_1\sim$ Netzspannung
U_2 Hochspannung des Transformators
U'_2, U_x Spannungen des kap. Teilers C_N, C_1
U_{sin} Vergleichsspannung
L, C Resonanzkreis
R Vorwiderstand

Abb. 3. Schaltung zur Kurvenmessung bei Hochspannung.

wellen ΔU_x unmittelbar gemessen werden können. Die Oberwellen werden dabei dem senkrechten Ablenkplattenpaar einer Braunschen Röhre zugeführt, während an das waagerechte Ablenkplattenpaar die mit der Grundwelle der Meßspannung phasengleiche Vergleichsspannung angelegt wird. Man erhält dann eine symmetrische Lissajoussche Figur, bei der die senkrechte Ablenkung an den Enden des Diagramms der Abweichung des wirklichen Scheitelwerts der Meßspannung vom Grundwellenscheitelwert entspricht (Abb. 4). Eine Kurvenformabweichung an beliebiger Stelle der Grundwelle läßt sich ebenfalls ohne weiteres feststellen, da die Ablenkung in waagerechter Richtung der Grundwellenspannung verhältnisgleich ist. Die Abstimmung erfolgt durch Regeln des Vorwiderstandes R und der Induktivität des Resonanzkreises L, C, mit dem die sinusförmige Vergleichsspannung U_{sin} hergestellt wird. Der Meßbereich wird ermittelt, indem an die senkrechten Ablenkplatten an Stelle der Oberwellenspannung ΔU_x ein von einem Widerstandsteiler abgegriffener bekannter Bruchteil von U_{sin},

Abb. 4. Oberwellen-Oszillogramm.

z. B. 5%, angelegt wird. Man erhält dann eine schräg liegende Gerade, deren äußerste Punkte in senkrechter Richtung ± 5% der Grundwellenspannung entsprechen.

Der Vorteil des Verfahrens ist, daß in einem einzigen Diagramm in bequem auswertbarer Form die Kurvenformabweichung in Abhängigkeit von der maßgebenden Bezugsgröße, der Grundwellenspannung dargestellt ist. Es sind dafür nur einfache Hilfsgeräte erforderlich, wie ein Hochspannungskondensator, der z. B. durch zwei in entsprechendem Abstand angeordnete Metallplatten dargestellt sein kann, sowie eine Braunsche Röhre, die in neuerer Zeit zu einem zuverlässigen, handlichen und preiswerten Meßgerät mit großer Empfindlichkeit entwickelt wurde. *eb.*

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.315.624.63 : 621.332.3 + 621.316.1

Verwendung und Bewährung von Vollkernisolatoren bei Fahr- und Fernleitungen. [Nach G. Naderer, Elektr. Bahnen 14 (1938) S. 229; 15 S., 12 Abb.]

In den ersten Jahren der nach dem Weltkriege einsetzenden Elektrisierungen von Vollbahnen, im besonderen bei der Deutschen Reichsbahn, wurden bei Fahrleitungen noch Isolatoren mit auf Druck beanspruchtem Porzellan eingebaut; räumlich getrennte doppelte Isolation war bei der Reichsbahn wie auch bei ausländischen elektrischen Bahnen mit Wechselstrombetrieb für 15 kV und $16^2/_3$ Hz im allgemeinen vorherrschend. Den mit der doppelten Isolation verbundenen hohen Baustoffaufwand zu verringern und den Sicherheitsgrad der Kraftübertragung zu erhöhen, war das Streben, das zuerst 1925 mit dem Einbau von Steatit-Stäben mit 45 mm Strunkdurchmesser in Süddeutschland einsetzte. Die günstigen Erfahrungen mit diesen Versuchsstäben, bei denen der Isolierkörper auf Zug und Biegung beansprucht wird, konnten in großem Maßstabe erst ausgenutzt werden, als es den Fabriken für technisches Porzellan gelang, eine Masse für Stabisolatoren herzustellen, die nicht bloß eine genügende mechanische Festigkeit aufwies, sondern auch den Folgen der Stromwirkung bei Überschlägen gewachsen war. Der bei Vollbahnen bisweilen nötige gemischte Betrieb verlangte eine besondere Formgebung der Rillen oder Schirme für die Stäbe, die in zahlreichen Versuchen mit der Porzellanindustrie ermittelt wurde. Erst die organisch in die Fahrleitungen sich einbauenden Porzellanstäbe ermöglichten die Ausbildung der windschiefen und vollelastischen Fahrleitungen, die für Geschwindigkeiten von über 120 km/h in Frage kommen. Rund 200 000 Stabisolatoren sind in den Fahrleitungen der Reichsbahn zur Zeit eingebaut.

Die guten Erfahrungen mit den Porzellanstäben in Fahr- und Speiseleitungen mit 15 kV Nennspannung berechtigen zu der Hoffnung, daß auch die in neuester Zeit vorgeschlagenen Langstab-Isolatoren für Übertragungsleitungen mit 30 bis 100 kV, die neben der Stahlersparnis noch andere technische Vorzüge aufweisen, sich durchsetzen werden, wenn Elektrizitätswerke und Behörden die begreifliche Scheu, Porzellanstäbe bis über 1,0 m Länge als Isolierkörper auf Zug und Biegung zu beanspruchen, überwunden haben. *eb.*

Geräte und Stromrichter.

DK 621.314.63/.66.022

Fortschritt in Bau und Anwendungen von Starkstrom-Gleichrichtern. [Nach W. G. Thompson, J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938) S. 437; 36½ S., 17 Abb.].

Der Aufsatz bringt eine allgemeine Übersicht über den neuesten Stand der Entwicklung von Gleichrichtern. Er beschäftigt sich hauptsächlich mit den Quecksilberdampf-Gleichrichtern, während der Quecksilberstrahl-Gleichrichter nach Hartmann[1]) und der Marx-Lichtbogen-Gleichrichter[2]) nur kurz als noch in der Entwicklung stehend erwähnt werden. Auch der Trockengleichrichter wird nur gestreift.

Dem luftgekühlten, pumpenlosen Gleichrichter[3]) wird ein breiterer Raum gewidmet. Neben den Glasgleichrichtern wird die englische Bauart der luftgekühlten, pumpenlosen Eisengleichrichter beschrieben, deren Entwicklung die Engländer für sich in Anspruch nehmen. Etwa 10 000 kW sind mit gutem Erfolg in Einheiten von 250 bis 600 A bei 500 V erstellt worden. Auch einanodige Ausführungen, die die Amerikaner entwickelt und mit Ignitron[4]) bezeichnet haben, werden beschrieben, deren Vorteil in einem niedrigen Spannungsabfall von 13,5 V liegt. Dieser niedrige Wert kann allerdings nur bis etwa 300 V erhalten werden. Bei höheren Spannungen müssen Abschirmungen des Lichtbogens eingebaut werden, die den Abfall erhöhen, und dadurch den Vorteil dieser Ausführung gegenüber der bekannten mehranodigen Bauart verringern. Die mittlere Stromstärke ausgeführter Ignitrons wird mit 75 bis 100 A je Gefäß genannt.

Große wassergekühlte Hochstromgleichrichter, die in Deutschland und anderen Ländern im Vordergrund der Entwicklungsarbeiten der letzten Jahre standen, werden nur nebenbei als festländische Erzeugnisse erwähnt. Diese Bevorzugung der kleinen Einheiten in England liegt im wesentlichen daran, daß dort im Gegensatz zu Deutschland und anderen Ländern größere Elektrolysen in der chemischen Industrie nur eine untergeordnete Rolle spielen und daher der Entwicklung der Hochstrom-Gleichrichter keinen Ansporn gaben. Bezeichnend für England ist, daß für den wassergekühlten Eisengleichrichter 3000 A als optimale Größe genannt wird, während die großen Elektrolysen auf dem Festland auf Einheiten von 5000 bis 6000 A bei Spannungen von 600 bis 800 V nicht mehr verzichten können.

Dieser Mangel in der Entwicklung der Hochstrom-Gleichrichter zusammen mit der bevorzugten Ausbildung der kleinen Einheiten erklärt die Tendenz des Aufsatzes, viele dieser kleinen Einheiten parallel zu schalten, wenn größere Leistungen verlangt werden. Glasgleichrichter-Bahnunterwerke bis 6500 kW je Unterwerk werden erwähnt. Als Vorteile werden angeführt: der kleinere Spannungsabfall der kleinen Einheiten, der aber bei Spannungen von 500 V und mehr nicht ins Gewicht fällt; bei Ausfall einer Einheit wird die Leistung des Unterwerks kaum verringert; Schnellschalter werden gespart, da schnell wirkende Sicherungen die einzelnen Anoden einwandfrei schützen. Dabei entsteht der Eindruck, daß aus der Not eine Tugend gemacht wird. Als Nachteil vieler kleiner parallel geschalteter Eisengleichrichter muß die Komplikation der Hilfsgeräte jedes der vielen Gefäße gebucht werden; daraus ergibt sich die Betonung der luftgekühlten, pumpenlosen Eisengleichrichter. Ein im Grundriß dargestellter Raumvergleich eines Unterwerks von 2000 kW bei 600 V soll darlegen, daß ein wassergekühlter Eisengleichrichter nicht weniger Platz beansprucht als 10 parallelgeschaltete Glasgleichrichter oder 6 Kleineisengleichrichter. Das Ergebnis des Vergleiches kann aber bei näherer Betrachtung nicht überzeugen. Ein Vergleich des Anschaffungspreises der verschiedenen Ausführungen eines solchen Unterwerks wird nicht angestellt und nur erwähnt, bei Gleichrichtern falle der kW-Preis bei größeren Einheiten nur unbeträchtlich, eine Behauptung, der nicht beigetreten werden kann. Nach unseren Erfahrungen werden Unterwerke mit wenigen großen Einheiten wesentlich billiger als bei Parallelschaltung einer Vielheit von kleinen Einheiten.

So melden sich denn auch in der Aussprache des Vortrages eine Reihe von Fachleuten, die die Richtigkeit der Tendenz, auch größere Leistungen aus kleinen Einheiten zusammenzusetzen, stark bezweifeln. Es ist erfreulich, mehrfach zu lesen, daß der oberste Grundsatz aller Ingenieurarbeit die Einfachheit ist. Mit diesem Grundsatz ist die unnötige Vergrößerung der Zahl der Einheiten nicht zu vereinbaren. Teilweise geht man so weit, diesem Grundsatz zuliebe auf die Gittersteuerung ganz zu verzichten, sowohl für Spannungsregelung als auch für Kurzschlußschutz. Dabei muß man sich erinnern, daß in England der Bahngleichrichter das Hauptanwendungsgebiet des Gleichrichters darstellt und hier auch in anderen Ländern im allgemeinen auf Spannungsregelung verzichtet wird.

Aus dem Grundsatz der Einfachheit wird auch die Zwölfphasenschaltung des Gleichrichter-Transformators abgelehnt, die sowohl für den Transformator als auch für die Gittersteuerung Komplikationen bedeutet. Störungen durch die Oberwellen der Sechsphasengleichrichter sind in England, sowohl auf der Drehstrom- als auch auf der Gleichstromseite, in nur vereinzelten Sonderfällen aufgetreten. Diese Erfahrungen decken sich also mit den Erfahrungen in Deutschland. Die englischen Erfahrungen sind besonders interessant, da die Vollbahnen mit Gleichstrom gespeist werden. So hat die Southern Railway heute 250 000 kW Gleichrichterleistung bei 600 V Fahrdrahtspannung in hundert 2500 kW-Einheiten; sie übertrifft also zur Zeit die Berliner Stadt- und Ringbahn an Größe. Erwähnenswert ist auch die South African Railway, die eine Hauptstrecke von rd. 500 km mit Gleichrichtern speist bei 3000 V Fahrdrahtspannung. Für die Rückgewinnung der Bremsenergie auf den langen Gefällstrecken sind den Gleichrichtern Wechselrichter parallelgeschaltet, deren Betriebsergebnisse einwandfrei sind.

In der Gleichstrom-Höchstspannungs-Übertragung werden gegenüber dem bewährten Drehstromsystem keine Vorteile gesehen.

Die ausgedehntere Einführung des pumpenlosen, luftgekühlten Kleineisengleichrichters in die Praxis ist interessant. Er setzt fest verschmolzene Dichtungen der Stromeinführungen voraus, die an Ort und Stelle nicht zu ersetzen sind. Demgegenüber hat der Gleichrichter mit zerlegbaren Dichtungen, die jederzeit an Ort und Stelle erneuert werden können, die Komplikation der Vakuumpumpen, die anderseits bei großen und längeren Überlastungen und Störungen wieder als Vorteil zu buchen sind. Bevor ein endgültiges Urteil abgegeben werden kann, müssen längere Betriebserfahrungen mit pumpenlosen Eisengleichrichtern, die noch nicht vorliegen, abgewartet werden. Für größere Leistungen eines Unterwerks werden wenige große Einheiten einer Vielheit von kleinen Einheiten vorgezogen werden. *Mr. D.*

[1]) J. Hartmann, J. Instn. electr. Engrs. 68 (1930) S. 945, Arch. Elektrotechn. 29 (1935) S. 853, J. Hartmann: The Plate-Jet, Kopenhagen: G.E.Gad 1935.

[2]) E. Marx: Lichtbogen-Stromrichter für sehr hohe Spannungen und Leistungen, Berlin, Julius Springer 1932. W.G. Thompson, J. Instn. electr. Engrs. 75 (1934) S. 603.

[3]) Brown Boveri Mitt. 23 (1936) S. 150. A. Siemens u. A. Bauer, Siemens-Z. 17 (1937) S. 525. H. W. Richardson, Gen. Electr. J. 7 (1936) S. 7.

[4]) D. Parkhard u. J. Hutchings, Electr. Engng. 56 (1937) S. 37. J. Slepian, Electr. J. 33 (1936) S. 267, ETZ 55 (1934) S. 398, 563, ETZ 56 (1935) S. 681, ETZ 57 (1936) S. 1090.

Fernmeldetechnik.

DK 535.62 : 621.397.5

Fernsehen in natürlichen Farben. [Nach H. Preßler, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernseh-Techn. 27 (1938) S. 137; 5 S., 1 Abb.]

Der Energiegehalt des Rasterelementes eines Fernsehbildes läßt sich in der Form $S = \int_0^\infty E(\lambda)\,d\lambda$ darstellen, wenn $E(\lambda)$ die spektrale Energieverteilung im Bildpunkt ist; die von dieser Energie ausgelöste und ferngemeldete Wirkung kann mit $\overline{S} = \int_0^\infty E(\lambda) f(\lambda)\,d\lambda$ in Rechnung gesetzt werden; dabei ist $f(\lambda)$ die spektrale Empfindlichkeit der photoelektrischen Schicht oder der photographischen Emulsion. Nach der Dreifarbentheorie läßt sich jedes farbige Licht aus drei Grundfarben ermischen, so daß die unterschiedliche Übertragung von drei Intensitätskomponenten $E(\lambda)$ für jeden Bildpunkt auch beim farbigen Fernsehen genügen muß. H. Preßler gibt einen Überblick über die Möglichkeiten der Bildübertragung und Bildzusammensetzung und stellt den Einfluß der Übertragungselemente auf die Farbenwiedergabe beim Fernsehen in natürlichen Farben theoretisch dar. Darf die für die Wiedergabe eines Hell-Dunkel-Bildes verfügbare Bandbreite nicht überschritten werden, so muß das Rasterelement auf das Dreifache vergrößert werden. Die im Bildpunkt enthaltenen Helligkeitsanteile der drei Grundfarben werden dann nacheinander abgetastet und im Empfänger additiv vermischt. Geberseitig gelangt heute bevorzugt ein Verfahren zur Anwendung, bei dem zunächst drei getrennte, nach den drei Grundfarben gefilterte Bilder genau gleicher Bewegungsphase des für die fernsehmäßige Übertragung vorgesehenen

Gegenstandes erzeugt werden, was mit einem Objektiv unter Verwendung einer Strahlteilereinrichtung zur Vermeidung einer örtlichen Parallaxe bewerkstelligt wird; auf jedes der so gewonnenen Einzelbilder entfällt dann nur der dritte Teil der verfügbaren Gesamtlichtmenge. Die Filterung kann durch optische Filter oder entsprechend selektive Photozellen erfolgen. Eine gleichzeitige Abtastung der auf solche Weise hergestellten Farbauszüge ist nur bei Verwendung von drei getrennten Abtastvorrichtungen und drei Übertragungskanälen möglich. Zur Vermeidung dieses Aufwandes muß für die Dauer der Abtastzeit der drei Teilbilder eine Speicherung der Teilbilder vorgesehen werden. Eine Möglichkeit hierzu besteht in der Verwendung eines panchromatischen Zwischenfilms, auf den die Farbauszüge als drei getrennte Schwarz-Weiß-Aufnahmen abgebildet sind; die Aufzeichnung erfolgt dabei hintereinander, damit die übliche Filmabtastung angewendet werden kann; zu beachten ist, daß dabei die Höhe der Teilbilder kleiner als beim Normalfilmbild ausfällt, da ein Greifer für den nötigen Filmvorschub von drei Normalhöhen in der üblichen Bilddauer von 0,04 s für die Aufnahmekamera mechanisch nicht ausführbar ist. Die Zusammensetzung des farbigen Empfangsbildes erfolgt durch Auslösung zeitlich aufeinanderfolgender Farbreize und beruht auf der Erkenntnis, daß diese zeitliche Folge von einfarbigen Lichtreizen vom Auge als stetiger Mischreiz empfunden wird, wenn ihre Frequenz oberhalb der Verschmelzungsfrequenz des Grundfarbentripels liegt. Im fraglichen Fall der Farbzerlegung je Bild beträgt die Mischfrequenz $3/T$, wenn T die Abtastzeit für die drei Teilbilder zusammen ist, und liegt bei den üblichen Bildwechselzahlen unter der Verschmelzungsfrequenz; die Mischung würde nicht flimmerfrei erfolgen. Zur Vermeidung dieses Nachteils werden die mit der üblichen Bildwechselzahl gesendeten Teilbilder elektrisch[1]) gespeichert und mit einem Vielfachen der Bildfrequenz von der Speicherschicht abgenommen. Die von einem Bildpunkt ausgehende physiologische Wirkung auf das Auge läßt sich bekanntlich durch drei Normalreizbeträge, welche angeben, in welchem Grad die durch die drei Grundfarben gekennzeichneten Vorgänge im Auge erregt werden, darstellen. Bei einer farbentreuen Fernsehübertragung müssen nun die Normalreizbeträge des ferngemeldeten Bildpunktes, die sich als Summen der Normalreizbeträge der drei einfarbigen Grundkomponenten ergeben, gleich oder proportional den Normalreizbeträgen des Originalpunktes sein. Weiterhin muß Proportionalität senderseitig zwischen auffallender Lichtmenge und ausgelöstem Bildsignal, empfängerseitig zwischen Bildsignal und Intensität der Emission des Leuchtstoffes gefordert werden. Unter der Voraussetzung der Erfüllbarkeit der beiden letztgenannten Forderungen ergibt sich die Bedingung für farbentreue Wiedergabe zu: $f_x(\lambda) = K_1 x_1 \varepsilon_1(\lambda) + K_2 x_2 \varepsilon_2(\lambda) + K_3 x_3 \varepsilon_3(\lambda)$, $f_y(\lambda) = K_1 y_1 \varepsilon_1(\lambda) + K_2 y_2 \varepsilon_2(\lambda) + K_3 y_3 \varepsilon_3(\lambda)$, $f_z(\lambda) = K_1 z_1 \varepsilon_1(\lambda) + K_2 z_2 \varepsilon_2(\lambda) + K_3 z_3 \varepsilon_3(\lambda)$. In diesen Gleichungen bedeuten $f_x(\lambda)$, $f_y(\lambda)$, $f_z(\lambda)$ die Grundreizkurven, x_i, y_i, z_i die Normalreizbeträge der am Empfangsort von den Bildsignalen gesteuerten farbigen Lichter und $\varepsilon_i(\lambda)$ Funktionen, welche die spektrale Empfindlichkeit bzw. die Durchlässigkeit der senderseitig als Farbzerleger (Rot, Grün, Blau) benutzten sensibilisierten Photoschichten oder Farbfilter kennzeichnen; in den Konstanten K_i sind die Festwerte c, k_i und k_i' zusammengefaßt, welche die geforderten drei Proportionalitäten zum Ausdruck bringen; sie sind mitbestimmend für die Wiedergabegüte. Indem man sie verändert, beeinflußt man die Farbenwiedergabe. Man hat es also in der Hand, nach Festlegung der Farbkoordinaten auf beiden Seiten die Farbenwiedergabe noch zu regeln. Die Steuerung läßt sich z. B. durch einstellbare optische Lichtschwächungseinrichtungen oder durch Regeln des Verstärkungsgrades durchführen. Im Vergleich zum Farbfilm hat die fernsehmäßige, farbentreue Darstellung von Vorgängen den Vorteil, daß sie bei Vermeidung eines Zwischenfilms auf Geber- und Empfängerseite mit weitergehend linearen Lichtsteuereinrichtungen durchführbar ist. Auch ist die spektrale Empfindlichkeitskurve von Photoschichten der Grundreizkurve viel ähnlicher als die Empfindlichkeitskurve photographischer Emulsionen. Hervorzuheben ist gegenüber den Farbfilmverfahren ferner die leichte Einstellbarkeit der Farbenwiedergabe; sie wäre beim Film nur durch Änderung der spektralen Eigenschaften der Emulsionsschicht erreichbar. Bezüglich der nötigen Lichtmenge läßt sich sagen, daß beim Film zur Erzeugung einer Schwärzung $S = 1$ eine Beleuchtungsstärke von 2,5 Lx, für Fernsehbilder ein Mindestwert von 7 Lx für das Ikonoskop und 0,5 Lx für Halbleiterschichten nötig ist. Diese Zahlen zeigen, daß auch die nötige Lichtmenge im Fall des Farbfernsehens nicht größer ist als beim Farbfilm. *E. C. M.*

[1]) Phys. Z. 38 (1937) S. 330.

DK 621.315.28.054.3.001.4

Neuere Fortschritte im Bau von Pupin-Seekabeln. [Nach G. Buss u. U. Meyer, Europ. Fernsprechdienst (1938) H. 50, S. 308; 5 S., 7 Abb.]

Der Bau von Pupin-Seekabeln erfordert wegen der hohen elektrischen und mechanischen Anforderungen besonders eingehende Untersuchungs- und Prüfverfahren. Da diese in den letzten Jahren zu mancherlei Fortschritten geführt haben, wird ein Einblick in diese Entwicklungsarbeiten gegeben. Mit wenigen Ausnahmen, wo bei Seekabeln mittlerer Länge die DM-Verseilung mit gutem Erfolg angewandt wurde, sind größere Seekabel mit höheren elektrischen Anforderungen in Sternverseilung ausgeführt worden. Der Sternvierer ist den auftretenden Beanspruchungen besser gewachsen, und außerdem ist er wirtschaftlicher, da man auf die Viererausnutzung verzichtet, um bei Instandsetzungen die Ausgleichsarbeiten nicht erheblich zu erschweren. Als Beispiel für die bei neueren Seekabeln erreichten elektrischen Eigenschaften werden die Häufigkeitskurven der an einem längeren Pupin-Seekabel von 6 Neper Leitungsdämpfung gemessenen Neben- und Gegennebensprechwerte wiedergegeben.

Bei den Prüfungen verschiedener Bleilegierungen zur Ummantelung der Kabel an Stelle von Zinn-Blei erwies sich eine Tellur-Blei-Legierung als am besten geeignet. Um nach diesen Laboratoriumsversuchen auch Erfahrungen aus der Praxis zu sammeln, wurde im Jahre 1936 ein Pupin-Seekabel von 21 km Länge mit dieser Legierung ausgeführt. Herstellung und Verlegung gingen ohne Schwierigkeiten vonstatten, und es bleibt nun abzuwarten, ob auch die weiteren Erfahrungen den Erwartungen entsprechen.

Die Erfahrungen bei der Verlegung und Wiederaufnahme von Tiefseekabeln führten zu Versuchen, durch Aufbringung zweier gegenläufiger Bewehrungen, drehungsfreie Kabel zu erhalten. Erst nach Anwendung der bei der Herstellung drehungsfreier Drahtseile gemachten Erfahrungen und bei richtiger Abstimmung der Schlaglängen und der Drahtstärken ist es gelungen derartige Kabel für größere Wassertiefen zu bauen, die sich trotz der beiden gegenläufigen Bewehrungen gut einschießen lassen. Auch an der Verkleinerung der Spulenmuffen wurde gearbeitet und bei gleichen elektrischen Eigenschaften eine Verringerung des Durchmessers von etwa 15 % erzielt.

Da bei Seekabeln wegen der Schwierigkeit und Kostspieligkeit der Reparaturen die mechanische Sicherheit von ausschlaggebender Bedeutung ist, muß die Erprobung von Neuerungen im Laboratorium mit besonderer Sorgfalt erfolgen. Es werden daher zum Schluß einige seit Jahren bewährte Prüfverfahren und Prüfeinrichtungen beschrieben. *eb.*

Physik.

DK 535.42 : 778.534.4

Lichtbeugung an Tonfilmstreifen. [Nach J. F. Schouten, Philips techn. Rdsch. 3 (1938) S. 310; 8 S., 8 Abb.]

Nach einem Vorschlag von D. Brown[1]) kann eine Tonfilmaufnahme als optisches Beugungsgitter benutzt werden. Bei sinusförmigem Verlauf der aufgezeichneten Schwingung liefert das „Gitter" nur die Beugungsspektren erster Ordnung. Enthält die Schwingung höhere Harmonische, so treten entsprechende Beugungsspektren höherer Ordnung auf, deren jeweilige Intensitäten von den Amplituden der höheren Harmonischen bestimmt werden. Durch Ausmessung der Intensitäten kann eine harmonische Analyse der aufgezeichneten Schwingung vorgenommen werden. Bei Aufzeichnung periodischer, kurzzeitiger Impulse ergibt die harmonische Analyse die Frequenzkennlinie des Aufzeichnungsgerätes. Sprossenschrift gibt symmetrische, eindimensionale Beugungsbilder, während bei Zackenschrift daneben noch verwickelte, symmetrische, zweidimensionale Nebenbilder auftreten. Letztere können praktisch vernachlässigt werden. Die verhältnismäßig sehr großen Abstände der „Gitterlinien" bedingen kleine Winkelabstände der Spektren höherer Ordnung, so daß die Aufnahmen nur wenig Raum beanspruchen. Der Einfluß der endlichen Gitterlänge zeigt sich in Linienverbreiterung bei kurzen Gittern. Frequenzschwankungen ergeben unregelmäßige Teilung und damit die bekannten „Geister"störungen. Der Aufsatz streift kurz die theoretischen Grundlagen und gibt Beispiele zur Erläuterung praktisch ausgeführter Analysen. *E. B.*

[1]) D. Brown, Nature, Lond. 140 (1937) S. 1090.

DK 551.594.221

Untersuchung von Blitzeinschlägen in das Empire State Building. [Nach K. B. Mc Eachron, Electr. Engng. 57 (1938) S. 493; 13½ S., 17 Abb.]

Von 1935 bis 1937 sind über 50 Blitzeinschläge in eine 11,5 m hohe Stabantenne von 38 mm Dmr. auf dem 380 m hohen Empire State Building in New York durch photographische und oszillographische Aufnahmen und durch Messung der Blitzstromstärke untersucht worden. Das Gebäude hat als Abschluß nach oben einen Metallturm, auf dem ein Antennensystem für Fernsehzwecke steht. Mit einem Kathodenstrahl-Oszillographen und einem Schleifen-Oszillographen mit sogenannter Krater-Kampe[1]), die in 20 µs nach der Anregung durch einen Blitzvorgang eine zur Kurvenaufzeichnung ausreichende Helligkeit ergibt, wurde der Verlauf des Stromes bei Blitzeinschlägen aufgenommen. Allerdings sind befriedigende Kathodenstrahl-Oszillogramme bisher noch nicht erhalten worden. Die Kathodenstrahl-Oszillogramme werden auf einem langsam fortbewegten Film mit elektrischer Zeitablenkung geschrieben, und zwar ist die Zeitdauer eines Oszillogrammes auf 100 µs eingestellt. Von mehreren aufeinanderfolgenden Teilentladungen können mehrere Oszillogramme erhalten werden, da 500 µs nach Beendigung einer Aufnahme ein zweites Oszillogramm geschrieben werden kann. Der Kathodenstrahl-Oszillograph war auf eine Mindest-Anstiegsteilheit des Blitzstromes von 2 kA/µs und einen Mindest-Stromwert von 6 kA eingestellt. Der Schleifen-Oszillograph hatte eine Papiergeschwindigkeit von 2,3 m/s und konnte Ströme bis zu 24 kA aufzeichnen. Beide Oszillographen waren an Meßnebenschlüsse am unteren Ende der Stabantenne angeschlossen.

Die Blitzeinschläge wurden von einem rd. 700 m entfernten hohen Gebäude aus mit mehreren Aufnahmegeräten photographiert. Verwendet wurde eine sog. Boys-Kamera[2]), bei der von dem niedergehenden Blitz zwei Teilbilder auf einem umlaufenden Film (Papiergeschwindigkeit rd. 45 m/s) aufgenommen werden. Seit 1936 wurde ein zweites Aufnahmegerät dieser Art verwendet, das eine Filmgeschwindigkeit von rd. 105 m/s zuließ. Es zeigte sich aber, daß schon bei einer Filmgeschwindigkeit von rd. 66 m/s wertvolle Einzelheiten der Entladungen wegen der zu kurzen Belichtung verloren gingen, so daß man 1937 wieder auf eine Filmgeschwindigkeit von rd. 38 m/s zurückging. Aus den beiden Teilbildern dieser Aufnahmegeräte läßt sich die Vorwachsgeschwindigkeit der Entladungen bestimmen. Weiter wurden zwei Aufnahmegeräte verwendet, die eine feststehende und eine mit 0,45 bzw. 0,23 m/s umlaufende Optik haben. Die feststehende Optik dieser Aufnahmegeräte gibt ein Gesamtbild des Blitzeinschlages, während die verhältnismäßig langsam umlaufenden Linsen hauptsächlich die verschiedenen Teilentladungen bei einem Blitzeinschlag deutlich erkennen lassen sollen[3]).

An dem Antennensystem waren Stahlstäbchen angebracht, mit denen Scheitelwerte der Blitzströme von 27,5 bis 156 kA gemessen worden sind. Von elf Stromwerten lagen sechs über 100 kA.

Das Gebäude ist in drei Jahren achtundsechzigmal von Einschlägen getroffen worden. Es werden dabei zwei Arten von Entladungen unterschieden, und zwar „Dauerentladungen", bei denen der Strom über eine verhältnismäßig lange Zeit fließt, und „Mehrfachentladungen", bei denen der Strom wenigstens während 0,02 s ganz aufhört und eine neue Entladung in der vorbereiteten Bahn folgt. Unter 47 Blitzen waren 34 Dauerentladungen, 4 bestanden aus zwei aufeinanderfolgenden Dauerentladungen, während 7 als Dauerentladungen begannen und dann von verschiedenen weiteren Entladungen gefolgt waren. Ausgesprochene Mehrfachentladungen ohne Dauerentladungen wurden nicht beobachtet. Nach den Oszillogrammen sind die Dauerentladungen Gleichströme, denen vereinzelte Stromspitzen überlagert sind. Diese Spitzen kommen nach Ansicht des Verfassers dadurch zustande, daß in den Wolken die Ladungen ungleich verteilt sind und während der Entladung zeitweise Wolkenschichten mit höherer Ladung herangezogen werden.

Auf abwärts gerichtete, wegbereitende Vorentladungen, einerlei ob sie stufenförmig oder als „Dauerentladungen" verlaufen, folgt immer eine Hauptentladung, die sich von der Erdseite nach der Wolke hin aufbaut. Bei den wegbereitenden Vorentladungen, die von der Erde aus stufenweise nach oben vorwachsen, folgt dagegen keine umgekehrt gerichtete Hauptentladung. Die letzte Stufe der aufwärts gerichteten Vorentladung strebt immer einer abwärts gerichteten Vorentladung oder einer Hauptentladung entgegen.

[1]) ETZ 56 (1935) S. 591.
[2]) ETZ 58 (1937) S. 1214, Abb. 3.
[3]) ETZ 58 (1937) S. 1213.

Abb. 5 gibt eine Häufigkeitsverteilung der Dauer der Entladungen. Die längste Blitzdauer betrug danach 1,53 s.

Abb. 5. Häufigkeitsverteilung der Dauer von Blitzentladungen.

Die 55 untersuchten Einschläge in den drei Jahren kamen sämtlich aus negativ geladenen Wolkenteilen. Bei drei Blitzeinschlägen zeigen die Oszillogramme am Ende des Vorganges Teilentladungen der umgekehrten Polarität. Nach Ansicht des Verfassers könnte diese Polaritätsumkehr am Schluß der Gesamtentladung damit zu erklären sein, daß weiter entfernte umgekehrt geladene Wolkenteile zur Ladungsabfuhr herangezogen werden.

1 ··· 3 Blitzschläge mit negativen und positiven Ladungen
1: — 29,9 + 17,0 C
2: — 35,8 + 17,1 C
3: — 161,5 + 2,6 C

Abb. 6. Häufigkeitsverteilung der Ladung von Blitzschlägen.

Abb. 6 gibt eine Häufigkeitsverteilung der elektrischen Ladung von 27 beobachteten Blitzen auf Grund aufgenommener Oszillogramme. Als Höchstwert der Ladung wurde 164 C errechnet.

Nach Ansicht des Verfassers hat man zwei verschiedene Arten von Blitzvorgängen zu unterscheiden (Abb. 7):

a) Entladungen, bei denen eine stufenförmig vorwachsende, wegbereitende Vorentladung in der Wolke beginnt und der nach Auftreffen auf geerdete Teile eine umgekehrt gerichtete Hauptentladung folgt[1]). Die dann in derselben Bahn folgenden Teilentladungen haben immer eine abwärts gerichtete, wegbereitende Vorentladung und eine aufwärts gerichtete Hauptentladung (Abb. 7a). Solche Entladungen sind nach Ansicht des Verfassers besonders im flachen Gelände zu erwarten, wo keine Entladungen auf hohen aus der Erde hervorragenden Gegenständen einsetzen und den Vorgang einleiten können. Je mehr ein solcher von oben beginnender Blitz in Erdnähe kommt, desto mehr wird seine Bahn von hervorragenden, geerdeten Gegenständen beeinflußt. Der Einschlag erfolgt meist dort, wo die größte Gegenentladung von einem geerdeten Teil aus vorgewachsen ist.

b) „Dauerentladungen" mit verhältnismäßig geringem Strom, die sich von hohen geerdeten Gegenständen aus in die Wolken erstrecken (Abb. 7b). Der stufenweise vorwachsenden, aufwärts gerichteten Vorentladung folgt eine „Dauerentladung" gleicher Richtung. Die dann in derselben Bahn nachfolgenden Teilentladungen bestehen nach den Beobachtungen immer aus einer abwärts gerichteten, wegbereitenden Vorentladung und einer umgekehrt gerichteten Hauptentladung.

Diese Art der Blitzausbildung kommt besonders dann vor, wenn aus hochragenden Gebäuden oder Gegenständen zur Wolke gerichtete Vorentladungen entstehen können.

Beide Arten der Blitzbildung kommen bei derselben Polarität der Wolkenladung vor. Welche Art sich ausbildet, hängt von der Form der Elektroden ab. Es ist bisher noch nicht beobachtet worden, daß einer von der Erdseite ausgehenden Vorentladung eine stufenweise vorwachsende Vorentladung von der Wolke aus entgegenkam. In Richtung des Vorwachsens der Entladungen bilden sich Verästelungen aus.

[1]) ETZ 58 (1937) S. 1214, Abb. 4 u. 5, und S. 1238, Abb. 6.

Von einem Blitzeinschlag, der mit einer aufwärts gerichteten, stufenförmig vorwachsenden Vorentladung begonnen hat, werden aus den Oszillogrammen und photographischen Aufnahmen folgende Angaben gemacht. Die Vorentladung wuchs im Mittel mit rd. 0,3 m/μs Geschwindigkeit vor. Zwischen jeder der 23 beobachteten Stufen lag im Mittel eine Zeit von rd. 30 μs. Die Länge einer Stufe war im Mittel rd. 8 m. Auf diese Vorentladung folgten sechs Teilentladungen, jede wieder mit einer wegbereitenden Vorentladung von oben nach unten gerichtet (Vorwachsgeschwindigkeit zwischen rd. 5 und etwa 22 m/μs).

Über die Blitzbahn wird folgendes ausgesagt: Wenn aufwärts gerichtete Vorentladungen die Bahn bestimmen, geht die Entladung meist vom höchsten geerdeten Punkt aus. Bei abwärts gerichteten Vorentladungen folgt die Bahn aber nicht immer der kürzesten Schlagweite. Vom Gebäude ausgehende Vorentladungen wurden bei zwei Blitzen zwischen den Wolken beobachtet; die eine war rd. 90 m lang, die andere nur rd. 40 m und wuchs einer rd. 120 m langen Vorentladung aus einer Wolke entgegen.

Bemerkenswert an diesen Untersuchungen sind die einwandfreien Feststellungen über die Vorentladungen, die sowohl von der Wolke als auch von hohen geerdeten Gegenständen oder Gebäuden ausgehen können, und die wesentlich für die Bestimmung der Blitzbahn sind. *Gd.*

linkes Teilbild: Bild auf feststehendem Film
rechtes Teilbild: Bild auf schnellbewegtem Film (Boys-Kamera)
1 stufenförmig von oben nach unten vorwachsende Vorentladung
2 Hauptentladung
3 stufenförmig von unten nach oben vorwachsende Vorentladung
4 wegbereitende Vorentladung, in einem Zuge vorwachsend
5 umgekehrt gerichtete Hauptentladung

Abb. 7. Grundsätzliche Darstellung der Bildung von Blitzschlägen.
a Vorentladung beginnt von der Wolke aus
b Vorentladung beginnt von der Erdseite aus

Chemie.

DK 621.366.001.4 : 614.83

Die elektrische Zündung von Äthergemischen. [Nach W. M. Thornton, J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938) S. 145; 11 S., 13 Abb.]

Veranlaßt durch Äther-Sauerstoff- und Äther-Luft-Explosionen in Operationssälen untersucht W. M. Thornton die Zündgrenzen und -bedingungen dieser Gemische. In einem kleinen durch ein Schauglas abgedeckten Explosionszylinder werden die Gemische durch Überschlagfunken an Zündkerzen mit 0,4 mm Elektrodenabstand, durch Öffnungslichtbogen ohmscher und induktiver Stromkreise und durch eine heiße Drahtspule bei veränderlichem Anteil des Äthers gezündet. Der 0,07 mm starke Platin-Iridium-Heizdraht war mit 15 Windungen zu einer kleinen Spule von 0,3 mm Innendurchmesser und 2 mm Länge gewickelt. Bei waagerechter Achse betrug die Leistungsaufnahme bei Zündung 0,25 W; die Zündtemperatur wird nicht angegeben, im ganzen Zündbereich war sie praktisch unabhängig von dem Ätheranteil und lag unter der Sichtbarkeitsgrenze der Strahlung der Heizspule. Als Zündgrenzen werden angegeben:

Zündung durch:	Zündfunken	Heizdraht
Gemisch:		
Äther-Luft	3,14 ··· 9,5 Vol.-%	3,14 ··· 9,0 Vol.-%
Äther-Sauerstoff . . .	2,98 ··· 45,5 Vol.-%	2,98 ··· 83,0 Vol.-%

Die Zündung der explosibelsten Gemische, 6 Vol.-% Äther-Luft bzw. 14 Vol.-% Äther-Sauerstoff, durch Auseinanderziehen eines Kontaktes in rein ohmschem Gleich- oder Wechselstromkreis und in Stromkreisen mit Spulen bis 0,005 H Induktivität werden genau untersucht; im einzelnen muß auf die Kurven der Originalarbeit verwiesen werden. Als kleinste Zündstromstärken der explosibelsten Gemische werden angegeben:

Gemisch	Stromart	Spannung	Zündstromstärke	Stromkreis
Äther-Luft	Gleichstrom	200 V	0,3 A	rein ohmisch
„ „	„	50 V	1,7 A	„ „
Äther-Sauerstoff .	Gleichstrom	50 V	0,65 A	rein ohmisch
„ „ .	„	30 V	12 A	—
Äther-Sauerstoff .	Wechselstrom	17,5 V	4,5 A	0,145 Ω 27,4 μH

Die Stromstärke in induktiven Stromkreisen, bei der keine Zündung, selbst bei den größten Induktivitäten, zustande kommt, beträgt 0,6 A bei 20,4 V und 2,0 A bei 10,3 V. Die Zündung ist von dem Produkt $L\,i$, nicht von der induktiven Energie $L\,i^2/2$, abhängig. Verfasser bringt diese Erscheinung in Einklang mit der Anschauung, daß für die Zündung die zum Stromfluß an der Funkenstrecke zur Verfügung stehende Spannung maßgebend ist, nicht die Wärmeenergie, und daß die Wahrscheinlichkeit der Aktivierung, also des wirksamen Zusammenstoßes der Elektronen und der Molekule des Gasgemisches mit der Spannung am Funken wächst.

Abb. 8. Explosion von Äther-Sauerstoff-Gemisch (14,5 Vol.-% Äther). Zündung durch Wechselstrom-Spratzfunken an Litzendrähten.

Die kleinsten Ströme, die zur Zündung eines Äther-Sauerstoffgemisches von 14,5 Vol.-% ausreichten, wurden durch „Spratz"-Funken erzielt: Stromübergänge zwischen den feinen Drähtchen einer gebrochenen Litze, die mechanisch in dauerndem Spiel zur Berührung gebracht wurden und den Fall eines „Wackelkontaktes" in ohmschem Stromkreis nachahmen (Abb. 8). Die Begrenzungswiderstände in ärztlichen Geräten, die in einer Äther-Sauerstoff-Atmosphäre arbeiten müssen, sind so festzulegen, daß auch in solchen Fällen eine Zündung nicht zustande kommt. *M.-H.*

Allgemeiner Maschinenbau.

DK 621.822.5.001.5 : 621.315.616.9

Versuche mit Preßstofflagern. [Nach E. Lehr, Kunststoffe 28 (1938) S. 161.]

Die in der Abteilung Maschinenbau des Staatlichen Materialprüfungsamtes Berlin-Dahlem mit Unterstützung des Fachausschusses für Kunst- und Preßstoffe des VDI durchgeführten Versuche setzten sich zum Ziel, einen klaren Überblick über die Tragfähigkeit der wichtigsten auf dem Markt befindlichen Preßstofflagersorten zu gewinnen. Die Versuchsbedingungen wurden mit voller Absicht so günstig wie möglich gewählt, weil ein Urteil darüber gewonnen werden sollte, welche Leistungsfähigkeit die Preßstofflager günstigstenfalls aufweisen. Die Lagerschalen waren ungeteilt, besaßen 60 mm Bohrung, 40 mm Länge und waren in Stahlhülsen eingepreßt. Die Welle war einsatzgehärtet und poliert. Als Schmierung wurde Ölumlaufschmierung mit einer gleichbleibenden Leistung von 1 l/min verwendet, wobei die Einlauftemperatur durch Rückkühlung auf 25° gleichgehalten wurde. Die Versuche wurden auf einer eigens dafür entwickelten Lagerprüfmaschine durchgeführt, die eine ruhende Belastung bis zu rd. 12 t entsprechend einer Flächenpressung von rd. 460 kg/cm² aufzubringen gestattete. Durch besondere Maßnahmen war jede Kantenpressung vermieden. Die Umfangsgeschwindigkeit konnte zwischen 0,5 und 14 m/s stetig verändert werden. Das Reibungsmoment des Prüflagers wurde unmittelbar durch eine sehr genau arbeitende Federwaage gemessen. Die zwölf in Zahlentafel 1 zusammengestellten Lagersorten wurden untersucht. Die Reihenfolge der Tafel entspricht der gefundenen Rangordnung, wobei Nr. 12 den besten Werkstoff kennzeichnet. Als Hauptergebnis wurde für jede Lagersorte die Grenztragfähigkeit in Abhängigkeit von der Umfangsgeschwindigkeit ermittelt. Hierunter ist die Flächenpressung in kg/cm² zu verstehen, die bei der betreffenden Umfangsgeschwindigkeit und unter den gewählten Bedingungen gerade noch ertragen wird, ohne daß ein Heißlaufen eintritt.

Zahlentafel 1. Untersuchte Preßstofflager.

Nr.	Harzart	Harzgehalt %	Harzträger (Füllstoff)	Herstelldaten: Formung	Preßzeit min	Preßtemp. °C	Besonderes
1	Phenol	50	Zellstoff-Gespinst-Schnitzel	formgepreßt	5	160	—
2	Phenol	35	Kurzfaseriger Asbest	formgepreßt	5	160	—
3	Phenol	40	Schamottemehl	formgepreßt	5	160	—
4	Phenol	50	Baumwollgewebe	gewickelt und nachgepr.	5	160	—
5	Kresol	50	Baumwollgewebe mit 16% Zellwolle	Schicht senkr. zur Achse	480	160	—
6	Phenol	50	Baumwollgewebe-Schnitzel	formgepreßt	45	165	10 Std. bei 80° nachgehärtet
7	Phenol	40	Hartpapier	Schicht senkr. zur Achse	360	160	—
8	Phenol	45	Baumwollgewebe-Schnitzel	formgepreßt	20	165	—
9	Phenol	45	Baumwollgewebe-Schnitzel fein zerfasert	formgepreßt	20	165	—
10	Phenol	45	Baumwollgewebe-Schnitzel	formgepreßt	20	165	8 Std. bei 125° nachgehärtet
11	Kresol	55	Baumwollgewebe mit 16% Zellwolle	gewickelt und nachgepr.	60	165	—
12	Kresol	50	Baumwollgewebe	gewickelt und nachgepr.			nachgehärtet

Abb. 5 zeigt diese Kurven für die Werkstoffe 1, 4 bis 12. Die erzielten Grenzflächenpressungen sind zum Teil erstaunlich hoch. Ferner wurden die Reibungsbeiwerte gemessen. Sie liegen bei den leistungsfähigen Preßstofflagersorten ziemlich niedrig. Z. B. wurde bei Geschwindigkeiten über 5 m/s μ = 0,006 bis 0,003 gemessen. Dies ist zum Teil der sehr sorgfältigen Vorbereitung der Lagerschalen (sie wurden genau zylindrisch mit dem Diamanten ausgedreht) zu verdanken. Auch war jede Kantenpressung sorgfältig vermieden; das Lagerspiel mußte 3 bis 4‰ des Wellendurchmessers betragen, wenn günstige Betriebsverhältnisse erzielt werden sollten. Die angegebenen Bedingungen lassen sich bei ortsfesten Maschinen mit ruhender Lagerbelastung stets verwirklichen. Nur dann kann man damit rechnen, daß im Dauerbetrieb Flächenpressungen zugelassen werden können, die etwa der Hälfte der in Abb. 5 angegebenen Grenztragfähigkeiten entsprechen. Es sei noch besonders auf die Beobachtungen hingewiesen, die den Einlauferscheinungen gewidmet wurden und die beweisen, daß die Preßstofflager sorgfältig eingefahren werden müssen, wenn sie nicht vorzeitig versagen sollen.

Ganz anders liegen nach Versuchen, die vom Verfasser inzwischen durchgeführt wurden, die Verhältnisse bei Ringschmierlagern mit nicht gehärteter Welle. Hier wird man in der Regel nicht über eine Flächenpressung von 10 kg/cm² hinausgehen können. Der Grund hierfür liegt nicht etwa in der schlechten Wärmeleitfähigkeit der Preßstofflagerschalen; diese ist fast belanglos. Vielmehr hat sich herausgestellt, daß die Preßstoffe unter Belastung eine sehr schlechte Benetzungsfähigkeit für das Schmieröl zeigen. Bei Ringschmierung reißt daher der Schmierfilm ab, sobald die Flächenpressung über etwa 12 bis 15 kg/cm² steigt. Es besteht dann die Gefahr, daß die Welle stark angegriffen und abgenutzt wird. Diesem Übelstand läßt sich zurzeit nur durch Anwendung von Druckumlaufschmierung begegnen. Will man bei Ringschmierlagern weiterkommen, so muß vor allem versucht werden, auf chemischem Weg die Benetzungsfähigkeit der Kunststoffe zu steigern.

Abb. 5. Grenztragfähigkeit der besseren Lagersorten 5 bis 12 (siehe Zahlentafel 1). Zum Vergleich sind hier die Kurven der Werkstoffe 1 und 4 eingetragen.

Insgesamt kann festgestellt werden, daß Preßstofflager nur dann ihre Leistungsfähigkeit entfalten können, wenn die ihrer Eigenart entsprechenden Vorbedingungen erfüllt werden. Will oder kann man dies nicht, so ist es besser, Preßstofflager nicht in Betracht zu ziehen. E. Lehr.

Werkstatt und Baustoffe.

DK 621.315.616.92

Die dielektrischen Eigenschaften der Celluloseazetate. [Nach L. Hartshorn u. E. Rushton, J. Inst. electr. Engrs. 83 (1938) S. 315; 18 S., 11 Abb.]

In einer sehr umfangreichen Arbeit sind die elektrischen Eigenschaften von Celluloseazetat-Folien untersucht worden. Zur Untersuchung wurde ein Folienmaterial herangezogen, das aus Cellulosehydroazetat besteht (2 Mol CH_3COO — auf 1 Celluloseeinheit $C_6H_{10}O_5$). Die vorliegenden Untersuchungen besitzen mehr theoretisches Interesse, da in Deutschland die Hydroazetate als Dielektrikum nur in untergeordnetem Maße angewendet werden[1]).

[1]) Vgl. u. a. P. Nowak u. H. Hofmeier, Über die Entwicklung von Cellulosetriazetatfolien für elektrische Isolierzwecke, Kunststoffe 27 (1937) S. 1.

Die Untersuchungen erstrecken sich auf die Bestimmung der Dielektrizitätskonstante, des Leistungsfaktors, des Leistungsverlustes und der Wechselstrom- und Gleichstromleitfähigkeit. Die Abhängigkeit der dielektrischen Eigenschaften von der Frequenz wird in einem Temperaturgebiet von 20 bis 90° C untersucht. Die Dielektrizitätskonstante nahm mit steigender Temperatur zu und zeigte nur geringen Abfall mit steigenden Frequenzen, während der Leistungsfaktor mit steigender Temperatur erheblich abnimmt. Die Erhöhung der Frequenz bedingt im allgemeinen Ansteigen des Leistungsfaktors, doch ist sie bei den einzelnen Temperaturen ganz verschieden. Bei den Untersuchungen über die Frequenz- und Temperaturabhängigkeit des Leistungsverlustes zeigt sich, daß bei niedrigen Frequenzen (50 Hz) eine Temperaturwirkung nicht festzustellen ist, daß aber bei höheren Frequenzen (1000 Hz und bes. 3000 Hz) eine Abnahme des Leistungsverlustes mit steigender Temperatur eintritt. Die Wechselstrom- und Gleichstromleitfähigkeit wird in Abhängigkeit von dem Spannungsgradienten (V/mm) untersucht. Während bei den Gleichstrommessungen sich eine lineare Abhängigkeit der Leitfähigkeit von dem Spannungsgradienten ergibt, zeigen die Ergebnisse bei den Wechselstrommessungen einen anderen Verlauf der Kurve, der außerdem stark frequenzabhängig ist und viel stärker von der Dicke der untersuchten Probe beeinflußt wird. Auffällig ist, daß bei den Gleichstrommessungen schon bei niedrigerem Spannungsgradienten Durchschlag erfolgt als bei Wechselstrommessungen. *Pno.*

Verschiedenes.

DK 511 : 53.05

Über die Eigenschaften der plausibelsten Geraden einer fehleranzeigenden Punktreihe. [Nach H. Wolf, Z. Instrumentenkde. 58 (1938) S. 429; 14 S., 3 Abb.]

Bereits 1914 benutzte A. Basch[1]) Hyperbeln und Hyperboloide als Genauigkeitsmaße für gerade Linien und Ebenen, die durch Beobachtungen bestimmt sind; ausgehend von Korrelationsproblemen entwickelte er die Theorie der Fehlerhyperbeln, wobei insbesondere der Satz bewiesen wurde, daß bei Anbringung von Verbesserungen die plausibelste Gerade und die Bezugsachse die Eigenschaft konjugierter Durchmesser einer „Zentralellipse" besitzen. Zunächst wurde die Theorie der Fehlerhyperbeln in der geodätischen Praxis angewendet. H. Wolf bringt wegen der Wichtigkeit für fast alle Eichungen in seiner Arbeit die zusammenfassende Theorie der Eigenschaften der plausibelsten Geraden einer fehleranzeigenden Punktreihe mit Zahlenbeispielen zur Erläuterung der Anwendbarkeit und Durchführung von rechnungsmäßigen Verbesserungen gefundener Meßergebnisse. Wenn zwischen beobachteten Wertepaaren

	mit den mittleren Fehlern
u_1, r_1	μ_{u_1}, μ_{r_1}
u_2, r_2	μ_{u_2}, μ_{r_2}
....	....
u_n, r_n	μ_{u_n}, μ_{r_n}

ein durch eine lineare Funktion beschriebener Zusammenhang besteht, so wird durch die Wertepaare u und r in einem rechtwinkligen u-r-Koordinatensystem infolge der den Beobachtungen anhaftenden unvermeidbaren Meßfehler im allgemeinen eine „fehleranzeigende Punktreihe" festgelegt. Mit Hilfe einer Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen wird diese fehleranzeigende Punktreihe durch die „plausibelste Gerade" ersetzt, deren Gleichung lautet:

$$r_i + v_{ri} = (u_i + v_{ui}) \operatorname{tg} \varphi + b;$$

hierbei ist

- φ der Neigungswinkel der plausibelsten Geraden gegen die u-Achse,
- b der von der plausibelsten Geraden auf der r-Achse bestimmte Abschnitt,
- v_{ri}, v_{ui} die infolge der Beobachtungsfehler an den Meßergebnissen r_i und u_i anzubringenden Verbesserungen.

Durch entsprechende Gewichtsbeilegung der Fehlergleichungen lassen sich dann die mittleren Fehler berechnen. Zur Auffindung des Mittels der einzelnen Steigungsfaktoren sind verschiedene graphische Lösungen angegeben worden. Aus dem mittleren Fehler eines durch die plausibelste Gerade festgelegten Funktionswertes wird unter Beachtung des Fehlerfortpflanzungsgesetzes der Zusammenhang zwischen dem Steigungsverhältnis und dem Ordinatenabschnitt untersucht und die „mittlere Fehler-Hyperbel" allgemein eingeführt. Danach bestimmt diese, deren Mittelpunkt der Schwerpunkt der fehleranzeigenden Punktreihe ist, mit ihren beiden Ästen die Linien, zwischen denen für beliebige Abszissenwerte die mittleren Fehler der durch die plausibelste Gerade bestimmten Ordinatenwerte liegen. Gleichung, Steigung, Tangenten, Haupt- und Nebenachse sowie Asymptoten der „mittleren Fehler-Hyperbel" werden berechnet.

An einigen Zahlenbeispielen wird die Anwendbarkeit erläutert. Als erstes wird die mehrfache Bestimmung des Teilungsbeiwertes und der Standverbesserung eines Aneroidbarometers durch Darstellung der fehleranzeigenden Punktreihe, der plausibelsten Geraden und der „mittleren Fehler-Hyperbel" zahlenmäßig betrachtet. Ferner wird die mehrfache Bestimmung der Festwerte eines Fadenentfernungsmessers eines Ramsdenschen Fernrohres mit Auswertung für verschiedene Punktgruppen vorgenommen. In einem dritten Beispiel wird für den Fall mehrerer in einer Fehlergleichung vorkommender Beobachtungsgrößen eines geradlinig abhängigen Meßvorganges eine einfache rechnerische Fehlerbestimmung unter Benutzung der angegebenen Schwerpunktsbeziehungen angegeben. Schließlich wird die Bestimmung der ausgleichenden Geraden einer fehleranzeigenden Punktreihe in einem Koordinatensystem mit logarithmischen Maßstäben dargestellt. *Tsch.*

[1]) A. Basch, Sitzungsber. Kaiserl. Akad. Wiss., Wien, Bd. 123, Abt. IIa, 1914.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

DK 621.3 : 631(061.4)

„Grüne Woche" Berlin 1939. (27. 1. bis 5. 2. 1939.)

In der Ehrenhalle hatte der Reichsnährstand drei Lehrschauen dargeboten, in denen die bereits erzielte und noch mögliche Erzeugungssteigerung in der Landwirtschaft gezeigt wurde. Der Erkenntnis „Landtechnik spart Arbeitskraft und steigert die Erträge" war die Sonderschau des „Reichskuratorium für Technik in der Landwirtschaft" mit den neusten Landmaschinen gewidmet. Was die Elektrizität für die Landfrau als Wärmequelle bedeutet, war besonders im mannigfachen elektrischen Gerät zur Schau gestellt. Weitgehende Verwendung der Elektrizität, gefördert durch die neuen Strompreise, ist Mittel für die Bekämpfung der Landflucht. In der Schau „Schützet die Tiere" war ein neuer elektrischer Treibstock mit Taschenlampenbatterie und Federkontakt zum Antreiben der Tiere durch leichten elektrischen Schlag bei Berührung mit der Stockspitze interessant. Eine Sonderschau „Rundfunkhausen" ließ die wichtigen Beziehungen zwischen Rundfunk und Reichsnährstand erkennen. Die Reichspost hatte hier eine Schau ihrer Entstörungsarbeit aufgebaut. Eine Musterübertragungsanlage für den Gemeinde-Rundfunk sei erwähnt. Sehr groß angelegt war die Leistungsschau der Deutschen Landmaschinenindustrie und des Handels. In vielen Neuheiten dieser Schau waren die Bestrebungen zur Überwindung der Arbeiternot auf dem Lande zu erkennen. U. a. war ein Bauernschlepper zu sehen mit Zapfwellenantrieb für Pflug und Zubehör, mit Lichterzeugersatz und Scheinwerfer für Nachtarbeit auf dem Acker. Zunehmenden Einsatz im landwirtschaftlichen Betrieb findet der fahrbare Universal-Ganzstahl-Höhenförderer, der auf der Schau mit eingebautem elektrischen Motorantrieb von 1,5 kW an gezeigt wurde. Die Entwicklung des Viehfutterdämpfers mit elektrischer Heizung ist von verschiedenen Firmen weiter getrieben worden; seine besonderen Vorzüge sind überwachungslose Dämpfung mit billigem Nachtstrom, keine Feuersgefahr, Freiheit in der Wahl des Aufstellungsortes, nahrhafteres Futter durch besseren Aufschluß usw. Beachtenswert waren auch die Elektro-Hausbacköfen zum Backen von Brot, Kuchen, Feingebäcken usw. mit einem Anschlußwert von 5000 bis 7200 W. Angeführt sei noch eine neue Einheits-Motorkarre, deren Karrendeichsel zur Verankerung einen Dorn hat. Drehstrommotoren mit Stromdämpfungsläufer, angebautem Sterndreieckschalter und Kraftsteckvorrichtung lassen sich in verschiedener Größe leicht aufbauen. Die Motoren besitzen eine Zweischicht-Ständerwicklung, deren Isolation einen wirksamen Schutz gegen Feuchtigkeit bietet, so daß der Motor im Freien keine weitere Abdeckung erfordert. Im Läufer sitzt ein besonders widerstandsfähiger gespritzter Spezialkäfig aus Aluminium, der dem Motor die für die Landwirtschaft richtigen elektrischen Eigenschaften verleiht. *Pge.*

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.

Ausschuß für Hochfrequenztechnik.

Auf Grund eines Beschlusses der Normgruppe „Rundfunkgerät“ der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie werden die nachstehenden Normblätter für ungültig erklärt, ihre Auslieferung durch den Beuth-Vertrieb wird eingestellt:

DIN VDE 1510 Rundfunkgerät. Drehkondensatoren, Befestigung durch drei Schrauben
DIN VDE 1511 —. Blockkondensatoren für Empfangsgerät, Elektrische Werte
DIN VDE 1512 —. Steckspulen: Windungszahlen, Wickelsinn
DIN VDE 1515 —. Heiz-Drehwiderstände, Befestigung durch zwei Schrauben
DIN VDE 1518 —. Hochohmige Widerstände
DIN VDE 1525 —. Drehknöpfe ohne Skalen
DIN VDE 1526 —. Drehknöpfe mit Skalen
DIN VDE 1530 —. Niederfrequenz-Transformatoren: Elektrische Größen, Klemmenbezeichnung

Die genannten Normblätter sind durch die Entwicklung der Technik als überholt anzusehen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Der Geschäftsführer:
Blendermann

41. Mitgliederversammlung des VDE in Wien vom 31. Mai bis 3. Juni 1939.

Vorläufiger Tagungsplan.

Mittwoch, den 31. Mai

20^{00} Vortragsabend, Konzerthaus

Donnerstag, den 1. Juni

8^{30} Fachberichte, Konzerthaus
- A I Kraftwerke
- B I Elektromaschinenbau
- C I Installation
- D I Fernmeldetechnik I
- E I Lichttechnik

10^{00} Vorstandssitzung, Rathaus, Sektionszimmer III

11^{30} Vorstandsratsitzung, Rathaus, Magistratssitzungssaal

15^{00} Fachberichte, Konzerthaus
- A II Bau und Betrieb von Netzen
- B II Bahnen
- C II Luftfahrt
- D II Fernmeldetechnik II
- E II Meßtechnik

20^{00} Begrüßungsabend, Hofburg (dunkler Anzug)

Freitag, den 2. Juni

8^{30} Fachberichte, Konzerthaus
- A III Schaltanlagen und Schaltgeräte
- B III Industrielle Anwendungen
- C III Elektrowärme
- D III Hochfrequenztechnik

15^{00} Mitgliederversammlung (Geschäftssitzung) Konzerthaus
1. Begrüßung
2. Geschäftliches
3. Hauptvortrag von Prof. Dr.-Ing. C. Ramsauer VDE: „Elektronen- und Ionenströme in der Technik“ (Experimentalvortrag)

20^{00} Empfang im Rathaus (dunkler Anzug)

Sonnabend, den 3. Juni

vormittags Besichtigungen:
1. Kraftwerk Semmering der städtischen Elektrizitätswerke der Gemeinde Wien (Neue Hochdruckanlage)
2. Umspannwerk Favoriten der städtischen Elektrizitätswerke der Gemeinde Wien
3. Gaswerk Leopoldau der städtischen Gaswerke der Gemeinde Wien
4. AEG-Union Elektrizitätsgesellschaft — Werk in Stadlau
5. Österreichische Siemens-Schuckertwerke — Kabelwerk und Maschinenfabrik Leopoldau
6. Ankerbrotfabrik AG. (auch für Damen)
7. Osram Österreichische Glühlampenfabrik Ges. m. b. H., Werk Atzgersdorf
8. Bisambergsender des Reichssenders Wien
9. Wiener Funkhaus des Reichssenders Wien
10. Elektrotechnisches Institut der Technischen Hochschule in Wien — Schwachstrom — und Hochspannungslaboratorien
11. Tobis-Sascha Filmindustrie AG. — Aufnahmeatelier Rosenhügel

nachmittags Gemeinsame Ausflüge und Besichtigungen (mit Kraftwagen):

12. Nördliche Wienerwaldfahrt mit Abschluß beim Heurigen in Grinzing
13. Südliche Wienerwaldfahrt mit Abschluß beim Heurigen in Gumpoldskirchen

ganztägig Gemeinsame Ausflüge und Besichtigungen

a. mit Kraftwagen:

14. Berndorfer Metallwarenfabrik Arthur Krupp AG. in Berndorf mit Weiterfahrt nach Mariazell
15. Schoeller-Bleckmann Stahlwerke AG. in Ternitz (Besichtigung der Hochfrequenzofenanlage); anschließend Fahrt auf die Raxalpe (2009 m) und auf den Semmering (981 m)
16. Schoeller-Bleckmann Stahlwerke AG. in Ternitz (Besichtigung der Hochfrequenzofenanlage); anschließend Fahrt auf den Hochschneeberg (2075 m)

b. mit Bahn und Schiff:

17. Wachaufahrt mit Besichtigung von Melk und Dürnstein

Veranstaltungen für Damen.

Donnerstag, den 1. Juni

vormittags

Stadtrundfahrt mit Kraftwagen und anschließend Rundgang zur Besichtigung des alten und neuen Wien,

nachmittags

Ausflug auf den Kahlenberg und auf den Leopoldsberg mit Kraftwagen

Freitag, den 2. Juni,

vormittags

Besichtigungen von Sammlungen, Museen und Galerien in Gruppen (Nationalbibliothek, Kunsthistorisches Museum, Naturhistorisches Museum, Barockmuseum, Galerie des 19. Jahrhunderts, Moderne Galerie, Liechtenstein-Galerie, Albertina, Römisches Museum, Historisches Museum der Stadt Wien, Volkskundemuseum, Schubertmuseum, Uhrenmuseum).

nachmittags

Modeschau im Haus der Mode (Lobkowitzpalais)

Sonnabend, den 3. Juni

vormittags

Besichtigung der Porzellanmanufaktur Augarten, Ausflug nach Schönbrunn mit Kraftwagen — Besichtigung von Schloß und Park.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Der Geschäftsführer:

Blendermann

Bezirk Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus. Fernsprecher: 34 88 85.

Gedächtnisfeier.

Am Donnerstag, dem 16. März 1939, 20^{00}, findet im Großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22,

eine Feier anläßlich des 150. Geburtstages von Georg Simon Ohm

statt. Näheres wurde bereits in ETZ 60 (1939) S. 328 veröffentlicht.

Bezirksversammlung

am Dienstag, dem 28. März 1939, 20^{00}, im Großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22.

Vortrag

des Herrn Reichsbahndirektor O. Michel VDE, München, über das Thema:

„Die elektrische Zugförderung im Großdeutschen Reich".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im VDE-Haus, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.

16. 3. 1939 Vortragsreihe „Fernwirkanlagen in der Starkstromtechnik": „Fernregelung von Kraftwerken" II. Teil, Vortragender: Dipl.-Ing. E. Krochmann VDE.

Elektrizitätswerke. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. B. J. v. d. Knesebeck VDE.

17. 3. 1939 Vortragsreihe „Aufgaben aus der Verbundwirtschaft": „Einfluß des Verbundbetriebes auf Bau und Betrieb von Regeltransformatoren", Vortragender: Dr.-Ing. C. Lommel VDE.

Elektromaschinenbau. Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.

20. 3. 1939 Vortragsreihe „Grenzen im Bau von Gleichstrommaschinen und Umformern": „Elektrische Grenzen", Vortragender: Ing. W. Briem VDE.

Fernmeldetechnik. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. K. Wagner VDE.

21. 3. 1939 „Vermittlungseinrichtungen in der Fernschreibtechnik", Vortragender: Dipl.-Ing. M. Otter.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.

23. 3. 1939 „Hochvakuumröhren".

Industrieanlagen. Leiter: Dr.-Ing. R. v. Meibom VDE.

24. 3. 1939, 8^{00}, Besichtigung der Meierei C. Bolle. Begrenzte Teilnehmerzahl. Telephonische Anmeldung erforderlich unter 34 00 11, App. 2607.

VDE Bezirk Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

Der Geschäftsführer:

Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Bergisch Land, Wuppertal-Elberfeld. 21. 3. (Di), 20^{15}, „Saal der Technik": „Der soldatische Ingenieur — ein neuer Technikertyp". Dipl.-Ing. G. Wesemann.

VDE Bezirk Köln. 17. 3. (Fr), 20^{00}, Lese-Gesellschaft: „Die Verwendung von Aluminium und Magnesium im Schaltanlagenbau". Dr. Schmitz VDE.

VDE Bezirk Magdeburg-Anhalt. 21. 3. (Di), 20^{15}, Staatliche Ingenieurschule: „Neuzeitliche Kabelanlagen für höchste Spannungen". Dr. Brauns VDE.

VDE Bezirk Mittelbaden, Karlsruhe. 23. 3. (Do), 20^{15}, El. Inst. T.H.: „Planungs- und Ausführungsfragen für Kondensatorenanlagen zur Leistungsfaktorverbesserung." Herr Stauch.

VDE Bezirk Niederrhein, Krefeld. 21. 3. (Di), 20^{00}, Krefelder Hof: „Technisch-wissenschaftliche Fragen des Verbundbetriebes". Dr.-Ing. W. Maurer.

VDE Bezirk Niedersachsen, Hannover. 21. 3. (Di), 20^{00}, T.H.: „Schutzmaßnahmen bei Betriebsarbeiten in Kabelnetzen und Stationen". Dr.-Ing. U. Möllinger.

VDE Bezirk Oberschlesien, Hindenburg. 17. 3. (Fr), 17^{00}, Donnersmarckhütte: „Entwicklung und Anwendungsgebiete des Synchronmotors". Obering. Rückert. „Auslegung des Synchronmotors". Dr.-Ing. Putz VDE.

VDE Bezirk Ostsachsen, Dresden. 23. 3. (Do), 19^{45}, El. Inst. T.H.: „Neue Bauformen ölfreier Schalter". Dipl.-Ing. J. Heinze VDE.

VDE Bezirk Pommern, Stettin. 17. 3. (Fr), 20^{15}, Konzerthaus: „Niederspannungs-Hochleistungssicherungen, ihre Eigenschaften und Anwendungen in den Versorgungsnetzen der Elektrizitätswerke und Industrie". Dipl.-Ing. Dürbeck.

VDE Bezirk Weser-Ems, Bremen (gemeinsam mit VDI). 23. 3. (Do), 20^{15}, Atlantis-Saal, Böttcherstraße: „Schweißtechnische Erfahrungen aus dem Maschinen- und Turbinenbau". Obering. Bauer VDE (anschließend Film).

VDE Bezirk Wüttemberg. 23. 3. (Do), 20^{00}, El. Inst.: „Grundlagen und derzeitiger Stand des Elektroofenbaues". Dipl.-Ing. O. Gengenbach VDE (m. Lichtb.).

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft.

a) Bezirksgruppe Frankfurt a. M. 22. 3. (Mi), 20^{00}, Städelschule (Kunstgewerbeschule): „Die Leuchtstoffe und ihre Anwendung in Verbindung mit ultraviolettem Licht". Dipl.-Ing. P. Schlüsser.

b) Bezirksgruppe München. 17. 3. (Fr), 20^{00}, T.H.: „Grundlegende Beleuchtungsaufgaben und ihr Lösungen, dargelegt an praktischen Beispielen aus der Eisenbahn- und Verkehrslichttechnik". Oberreichsbahnrat E. Besser (m. Lichtb.).

c) Arbeitskreis Lichttechnik der Fachgruppe Elektrotechnik, Gas und Wasser im NSBDT., Wien. 21. 3. (Di), 19^{00}, Haus der Technik Wien, Eschenbachgasse 9 und 22. 3. (Mi), 20^{00}, Gauwaltung der DAF., Graz, Mariengasse 8: „Bauen und Beleuchten". Dr.-Ing. C. G. Klein.

Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft. Berlin. 21. 3. (Di), 19^{00}, Ingenieurhaus: „Schwingungstechnische Entstörung von Maschinen mit besonderer Berücksichtigung des Auswuchtproblems". Dr.-Ing. Hans Heymann (m. Lichtb.).

Staatliches Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem
Unter den Eichen 87
Fernsprecher: 76 27 51.

Bekanntmachung über Kunstharz-Preßmassen[1]) für typisierte und überwachte Preßstoffe[1, 2]).

Gemäß Vertrag zwischen dem Staatlichen Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem und der Technischen Vereinigung der Hersteller typisierter Preßmassen und Preßstoffe e. V. werden vom Amt die in den Tafeln A, B und C aufgeführten Kunstharz-Preßmassen ständig überwacht. Nur diese Kunstharz-Preßmassen dürfen mit der Bezeichnung

„typisiert und überwacht vom Staatlichen Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem"

in den Handel gebracht werden. Die Verpackungen dieser Preßmassen tragen das Überwachungszeichen (vgl. DIN 7702), in welchem das Firmen-Kennzeichen und das Typzeichen angegeben sind.

Pressereien, die nicht selber Kunstharz-Preßmassen herstellen, dürfen für die Herstellung von Kunstharz-Preßteilen (Kunstharz-Preßstoffen) mit dem Überwachungszeichen nur

(Fortsetzung S. 349.)

1) Kunstharz-Preßmassen im Sinne dieser Bekanntmachung sind härtbare, warm zu verpressende Erzeugnisse (auf der Grundlage von Phenol- oder Harnstoff-Harzen), welche als ungeformte Halbfabrikate in den Handel gebracht werden.
Kunstharz-Preßstoffe sind die aus Kunstharz-Preßmassen im Preß- oder Preßspritz-Verfahren hergestellten Formkörper (Preßlinge); vgl. auch Begriffs-Erklärungen in VDE 0320/1936 „Leitsätze für die Prüfung nichtkeramischer gummifreier Isolierpreßstoffe".

2) Vgl. „Bekanntmachung über typisierte und überwachte Preßstoffe", Tafel I und III im folgenden H. 12 der ETZ.

Tafel A

Firma	Firmen-Kennzeichen im Überwachungszeichen	Typ I_1 Handelsbezeichnung	Typ I_1 Reihen-[1])	Typ I_2 Handelsbezeichnung	Typ I_2 Reihen-[1])	Typ M Handelsbezeichnung	Typ M Reihen-[1])	Typ O Handelsbezeichnung	Typ O Reihen-[1])	Typ S Handelsbezeichnung	Typ S Reihen-[1])	Typ T_1 Handelsbezeichnung	Typ T_1 Reihen-[1])
Dr. Kurt Albert G. m. b. H., Chemische Fabriken, Amöneburg bei Wiesbaden-Biebrich	Al	Albert-Preßmasse Typ 1_1	9200	Albert-Preßmasse Typ 1_2	9000	—	—	—	—	Durophen-Schnellpreßmasse Typ S	200 400 500 800 900 1300 2000 2500 3000 3500 4000 2200 2700 3700	Albert-Preßmasse Typ T_1	6500
Bakelite Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Erkner bei Berlin	Ba	Bakelite-Schnellpreßmasse Typ 1_1	1 100 G	Bakelite-Schnellpreßmasse Typ 1_2	1 200 A	Bakelite-Schnellpreßmasse Typ M	M 1300	Bakelite-Preßmasse Typ O	0 300	Bakelite-Schnellpreßmasse Typ S	S 600 S 700 S 800 S 900 S 1000 S 6600 S 6700 S X O	Bakelite-Schnellpreßmasse Typ T_1	T 1400
Dynamit-Actien-Gesellschaft vormals Alfred Nobel & Co., Abteilung Celluloid-Fabrik, Werk Troisdorf (Bez. Köln); Verkauf durch Venditor, Kunststoff-Verkaufsges. m. b. H., Troisdorf (Bez. Köln)	DAG	Trolitan I/37	7000	Trolitan I Trolitan AF	7000 7000	Trolitan AW	7000	—	—	Trolitan S Trolitan SP Trolitan SPK-R	2000 2100 2200 2300 2400 2600 2700 2500 2800 2900	Trolitan L Trolitan CL.	7000 7000
Internationale Galalith-Gesellschaft Hoff & Co., Hamburg-Harburg 1	IGG	—	—	—	—	—	—	—	—	Kerit-Schnellpreßmasse Typ S	0 100 300 1000 1100 1200 2000 11000 11300 12000	—	—
New-York Hamburger Gummi-Waaren Compagnie, Abt. Kunststoffe, Hamburg 33	NYH	Faturan-Gesteinsmehlmasse Typ 1_1	700 700 AF	—	—	—	—	—	- -	Faturan-Schnellpreßmasse Typ S	0 100 500 2000 2500 500 AF 2500 AF	Faturan-Textilfasermasse Typ T_1	600 600 AF
Aug. Nowack Aktiengesellschaft, Bautzen	No	Neoresit-Preßmasse Typ 1_1	400 4000	Neoresit-Preßmasse Typ 1_2	500	Neoresit-Asbestschnurpreßmasse Typ M	600	Neoresit-Preßmasse Typ O	0	Neoresit-Preßmasse Typ S	100 200 1000 2000 5000 6000	Neoresit-Textilpreßmasse Typ T_1	7000
Dr. F. Raschig G. m. b. H., Chemische Fabrik, Ludwigshafen a. Rhein	Ra	Resinol Typ 1_1	400	Resinol Typ 1_2	400/1	Resinofil Typ M	0	—	—	Resinol Typ S	100 200 300 700 800 900 10 200 10 800	—	—
H. Römmler Aktiengesellschaft, Spremberg (Nd.-Lausitz)	HRS	Hares F 1	1930 ···1949	Hares F 2	1950 ···1969	Ralotext	1910 ···1929	—	—	Hares S	HO 0 700 900 1700 5000 700 o. B.	Hares L 1	2000 ···2049

1) Die Reihenbezeichnung 0 umfaßt die Nummern 0 bis 99, die Reihenbezeichnung 100 umfaßt die Nummern 100 bis 199 usw.

Tafel B

Firma	Firmen-Kennzeichen im Überwachungszeichen	T_2 Handelsbezeichnung	T_2 Reihenbezeichnung[1]	T_3 Handelsbezeichnung	T_3 Reihenbezeichnung[1]	Z_1 Handelsbezeichnung	Z_1 Reihenbezeichnung[1]	Z_2 Handelsbezeichnung	Z_2 Reihenbezeichnung[1]	Z_3 Handelsbezeichnung	Z_3 Reihenbezeichnung[1]	K Handelsbezeichnung	K Reihenbezeichnung[1]
Dr. Kurt Albert G. m. b. H., Chemische Fabriken, Amöneburg bei Wiesbaden-Biebrich	Al	Albert-Preßschnitzel Typ T_2	6700	—	—	Albert-Preßflocken Typ Z_1	6000 6100	Albert-Preßschnitzel Typ Z_2	6200	Albert-Preßbahnen Typ Z_3	5500	—	—
Bakelite Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Erkner bei Berlin	Ba	Bakelite-Schnellpreßmasse Typ T_2	T 2400	—	—	Bakelite-Schnellpreßmasse Typ Z_1	Z 1500	Bakelite-Schnellpreßmasse Typ Z_2	Z 2500	—	—	Bakelite-Harnstoff-Schnellpreßmasse Typ K	K 7000 K 7600 K 7800
Dynamit-Actien-Gesellschaft vormals Alfred Nobel & Co., Abteilung Celluloid-Fabrik, Werk Troisdorf (Bez. Köln); Verkauf durch Venditor, Kunststoff-Verkaufsges. m. b. H., Troisdorf (Bez. Köln)	DAG	Trolitan LT	7000	Trolitan-Preßbahnen Typ T_3	7000	Trolitan C	7000	Trolitan CT	7000	Trolitan FT	7000	siehe Tafel C	
Internationale Galalith-Gesellschaft Hoff & Co., Hamburg-Harburg 1	IGG	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
New-York Hamburger Gummi-Waaren Compagnie, Abt. Kunststoffe, Hamburg 33	NYH	Faturan-Textilschnitzelmasse Typ T_2	300 300 AF	Faturan-Gewebepreßbahnen Typ T_3	3000	Faturan-Fasermasse Typ Z_1 Faturan-SF-Masse Faturan-ZF-Masse	800 800 AF 200/20 200	Faturan-Schnitzelmasse Typ Z_2	400 400 AF	Faturan-Zellstoffpreßbahnen Typ Z_3	4000	—	—
Aug. Nowack Aktiengesellschaft, Bautzen	No	Neoresit-Textilpreßmasse Typ T_2	700	—	—	Neoresit-Preßmasse Typ Z_1	800	Neoresit-Zellulosepreßmasse Typ Z_2 Neoresit-Papierfädenpreßmasse Typ Z_2	900 9000	—	—	—	—
Dr. F. Raschig G. m. b. H., Chemische Fabrik, Ludwigshafen a. Rhein	Ra	Fibresinol Typ T_2	500	—	—	Resinol Typ Z_1	11 100	—	—	—	—	—	—
H. Römmler Aktiengesellschaft, Spremberg (Nd.-Lausitz)	HRS	Hares L 2	1980 ··· 1999	Hares L 3	2050 ··· 2099	Deurohlit Z_1	ME 61...80	Deurohlit Z_2	HE 81 ··· 100	Deurohlit Z_3	HE 101 ··· 110	—	—

[1]) Die Reihenbezeichnung 0 umfaßt die Nummern 0 bis 99, die Reihenbezeichnung 100 umfaßt die Nummern 100 bis 199 usw.

Tafel C

Firma	Firmen-Kennzeichen im Überwachungszeichen	1_1* Handelsbezeichnung	1_1* Reihenbezeichnung	O* Handelsbezeichnung	O* Reihenbezeichnung	S* Handelsbezeichnung	S* Reihenbezeichnung	K* Handelsbezeichnung	K* Reihenbezeichnung
Bakelite Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Erkner bei Berlin	Ba	Bakelite-Schnellpreßmasse Typ 1_1*	1 100	Bakelite-Preßmasse Typ O*	0 300	Bakelite-Schnellpreßmasse Typ S*	S* 6000 tg δ S* 6100 S* 6200	Bakelite-Harnstoff-Schnellpreßmasse Typ K*	K 7000 K 7600 K 7800
Dynamit-Actien-Gesellschaft vormals Alfred Nobel & Co., Abteilung Celluloid-Fabrik, Werk Troisdorf (Bez. Köln); Verkauf durch Venditor, Kunststoff-Verkaufsges. m. b. H., Troisdorf (Bez. Köln)	DAG	—	—	—	—	Trolitan SD, Typ S*	2000 2100 2200 2300 2400 2600 2700	Pollopas-Normal Pollopas-Spezial Pollopas-Universal Pollopas-Sonderfarben	4000 4800 5000 4800 5000 4000
New-York Hamburger Gummi-Waaren Compagnie, Abt. Kunststoffe, Hamburg 33	NYH	—	—	—	—	Faturan-Schnellpreßmasse Typ S*	500*	—	—
Aug. Nowack Aktiengesellschaft, Bautzen	No	—	—	—	—	Neoresit-Preßmasse Typ S*	300	—	—
Dr. F. Raschig G. m. b. H., Chemische Fabrik, Ludwigshafen a. Rhein	Ra	Resinol Typ 1_1*	400	—	—	Resinol Typ S*	800 4622	—	—
H. Römmler Aktiengesellschaft, Spremberg (Nd.-Lausitz)	HRS	—	—	—	—	Hares S*	700*	—	—

(Fortsetzung von S. 347.)
die in den Tafeln A, B und C aufgeführten Kunstharz-Preßmassen verwenden.

Diejenigen Kunstharz-Preßmassen, welche als Preßstoff den in der Typisierung[3]) aufgeführten elektrischen Sonderanforderungen genügen und als Zusatz zum Typzeichen einen Stern führen, sind in Tafel C gesondert aufgeführt.

Die in den Zeitschriften: Kunstharze und andere Plastische Massen 8 (1938) S. 207; ETZ 59 (1938) S. 761 und Kunststoffe 28 (1938) S. 182 bekanntgegebenen Tafeln A, B und C sind hiermit ungültig.

Berlin-Dahlem, den 10. 2. 1939.

Der Präsident:
Seidl

[3]) Vgl. „Typisierung der gummifreien nichtkeramischen Isolierpreßstoffe", Plastische Massen 7 (1937) S. 339; ETZ 58 (1937) S. 1254; Kunststoffe 27 (1937) S. 330.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Jean Fallou †.

Am 2. 1. 1939 verschied plötzlich an den Folgen eines an und für sich geringfügigen Unfalles Jean Fallou, Professor an der École Supérieure d'Electricité und Chefingenieur der UDE (Union d'Electricité) in Paris im Alter von kaum 41 Jahren. J. Fallou war ein Ingenieur im besten Sinne des Wortes. Gute theoretische Kenntnisse und praktische Veranlagung verhalfen ihm immer wieder, neue Probleme aufzugreifen, sie elegant zu lösen und die gewonnenen Erkenntnisse in Wort und Schrift den Fachgenossen klar zu übermitteln. Zahlreiche Aufsätze über die technische Ausgestaltung von Hochspannungsnetzen für den Verbundbetrieb sowie die grundlegenden Bücher „Courants de Court-circuit" und „Les réseaux de Transmission d'Energie" legen Zeugnis von seinem Schaffen ab. Mehrere dieser Arbeiten sind von wissenschaftlichen Instituten preisgekrönt worden. Neben seinem Hauptberuf als Professor an der T. H., als Chefingenieur bei der UDE und als beratender Ingenieur der Compagnie des Compteurs betätigte er sich noch ausgiebig in verschiedenen Fachkommissionen seines Landes und im Auslande. Viele deutsche Fachgenossen kennen ihn von den CIGRE-Tagungen her, wo er mit seltener Autorität klar und verbindlich vermittelnd in die Aussprache über akute Probleme eingriff.

Jean Fallou †.

Jean Fallou wurde am 10. 7. 1897 in Paris als Sohn eines Elektrofabrikanten geboren. Im Anschluß an die Reifeprüfung trat er 1915 als Kriegsfreiwilliger ins französische Heer, wo er bis Ende 1916 die Stellungskämpfe an der Somme als einfacher Soldat mitmachte. Er studierte an der Sorbonne Mathematik und anschließend an der École Superiéure d'Electricité die Ingenieurwissenschaften. Das Ingenieurdiplom erhielt er 1921. Elf Jahre später wurde er an der Sorbonne für eine theoretische Arbeit über Hochfrequenzübertragungen auf Freileitungen und Selektivschutz zum Doktor promoviert. Neben seiner Tätigkeit als Ingenieur bei der UDE hielt er zunächst mehrere Jahre Vorlesungen an der École Superiéure d'Electricité über Leistungsübertragungen. 1936 wurde ihm der Lehrstuhl „Allgemeine Elektrotechnik" an der gleichen Anstalt übertragen.

Sein früher Tod ist ein Verlust für die ganze elektrotechnische Fachwelt; er ist für Frankreich um so schmerzlicher, als Fallou dort den Verbundbetrieb der Elektrizitätsversorgung richtungweisend beeinflußt und die damit zusammenhängenden technischen Probleme gemeistert hat.

M. Walter VDE, Berlin.

M. Kloss. — Prof. Dr.-Ing. Max Kloss VDE, Berlin, wurde zum Gaustellenleiter im Amt für Technik, Gauwaltung Berlin, ernannt und mit der Leitung der Fachgruppe „Elektrizität, Gas und Wasser" betraut.

P. Peglow. — Der Präsident des Reichspostzentralamts Paul Peglow VDE trat wegen Erreichung der Altersgrenze Ende Februar 1939 in den Ruhestand. Herr Peglow wurde 1874 in Berlin geboren und trat 1893 in den höheren Postdienst ein. In den Jahren 1903 bis 1905 und 1906 bis 1913 leitete er als Vorsteher des Postamts Duala das gesamte Post- und Telegraphenwesen der Kolonie Kamerun. Im Jahre 1927 wurde Herr Peglow zum Ministerialrat, 1932 zum Präsidenten der Reichspostdirektion Frankfurt (Oder) ernannt. Am 1. 5. 1933 hat er als Präsident die Leitung des Reichspostzentralamts in Berlin übernommen.

Hochschulnachrichten. — Dozent Dr.-Ing. habil. Wilhelm Bader VDE ist mit Wirkung vom 1. 3. 1939 mit der Vertretung der durch Emeritierung von Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr.-techn. h. c. Emde VDE frei gewordenen Professur für theoretische Elektrotechnik an der T. H. Stuttgart beauftragt worden. Dr. Bader hat an der T. H. München studiert, war dann einige Jahre in der Praxis und anschließend wieder in München als Assistent, später als Dozent für Meßtechnik und theoretische Elektrotechnik. Im Jahre 1935 ließ sich Dr. Bader an die T. H. Berlin umhabilitieren und war gleichzeitig bei Siemens & Halske, zuletzt als Leiter eines Laboratoriums tätig. Herr Dr. Bader ist mit wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiet der elektrischen Bahnen, der Meßtechnik und der theoretischen Elektrotechnik hervorgetreten.

Herr Prof. Dr.-Ing. Max Kloss VDE wurde von der T. H. Berlin aus Anlaß seiner Entpflichtung infolge Erreichens der Altersgrenze zum Ehrensenator ernannt.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.385.5

Moderne Mehrgitter-Elektronenröhren. Von Dr. M. J. O. Strutt. Bd. 2: Elektrophysikalische Grundlagen. Mit 98 Abb., V u. 144 S. im Format 165 × 245 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1938. Preis kart. 13,50 RM.

Nachdem die Arbeitsweise und die betrieblichen Eigenschaften der Mehrgitter-Elektronenröhren in dem bereits 1937 erschienenen ersten Band behandelt wurden[1]), befaßt sich der nunmehr vorliegende 2. Band mit der Erklärung und Ableitung der Kennlinien aus den physikalischen Grundgesetzen. In den 17 Paragraphen des Buches werden zunächst im § 1 die allgem. Grundgleichungen der Elektronenbewegung in magnetischen, elektrischen und kombinierten Feldern angegeben und kurz erläutert. In den §§ 2 bis 8 werden die Kennlinien, die statischen, dynamischen Kapazitäten der verschiedenen technischen Röhren aus den Konstruktionsdaten auf Grund der allgemeinen Gleichungen abgeleitet.

Die §§ 9 bis 15 sind einigen geschickt ausgewählten Fragen gewidmet, die wesentlich zum Verständnis der Vorgänge bei sehr hohen Frequenzen beitragen. Sie behandeln vor allem den Einfluß der Elektronenlaufzeit sowie der Elektrodenkapazitäten und Elektrodeninduktivitäten. Zum Schluß folgt ein Paragraph über praktisch wichtige Wärmeprobleme in Mehrgitterröhren und ein Anhang mit Textergänzungen.

Das Buch ist aus der Praxis heraus entstanden und behandelt die brennenden Fragen des modernen Röhrenbaues. Es vermittelt vor allem dem Fachmann neben ausgezeichneten theoretischen Überlegungen auch wertvolle praktische Erfahrungen aus der langjährigen Tätigkeit des Verfassers.

Der Verfasser ist darüber hinaus auch sehr bemüht, dem ferner stehenden Fachmann den Stoff durch physikalische Anschaulichkeit und verständliche Darstellung näherzubringen. So befindet sich am Ende jedes Paragraphen eine Zusammenstellung aller in dem betreffenden Abschnitt verwendeten Zeichen und ihre Bedeutung. Überall wird das praktische Maßsystem (Volt, Ampere, Ohm, cm, s) verwendet.

Das Buch kann nur bestens empfohlen werden.

O. H. Groos VDE.

[1]) ETZ 59 (1938) S. 102.

DK 621.3 : 629.113

Die Auto-Elektrik. Von Ing. H. Kümmet. 2. neubearb. Aufl. Mit 145 Abb., VII u. 174 S. im Format A 5. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1938. Preis kart. 6 RM.

Die schnelle Folge, in der die zweite Auflage dieses 1937 in erster Auflage erschienenen und in der ETZ 58 (1937) H 40, S. 1103 besprochenen Buches notwendig geworden ist, bestätigt das bei seinem Ersterscheinen an dieser Stelle abgegebene Urteil, das den besonderen Wert des Buches in der gemeinverständlichen Art der Darstellung und der Eignung als Lehrbuch für handwerksmäßig vorgebildete Facharbeiter erblickte.

Die Gliederung des Inhalts, der in sieben Abschnitten die gesamte elektrische Ausrüstung eines Kraftwagens umfaßt, ist dieselbe geblieben. Zum Verständnis sind wieder im ersten Abschnitt die Grundlagen der Elektrotechnik behandelt worden. Darauf folgen im zweiten Teil ausführliche Darlegungen über Gleichstrom-Dynamomaschinen und Elektromotoren. Im dritten Teil wird sodann auf die Lichtmaschine und Batterie für Kraftwagen, im vierten auf die Anlaßvorrichtung, im fünften auf die Zündung, im sechsten auf die Licht-Anlaßmaschine und den Licht-Anlaß-Batteriezünder und schließlich im siebenten Teil auf die Beleuchtungsanlage und das sonstige Zubehör eingegangen.

Soweit in der Zwischenzeit bemerkenswerte Neuerungen in der Ausführung von Maschinen, Batterien, Anlaßvorrichtungen, Zündanlagen, Beleuchtungsanlagen usw. aufgekommen sind, wurden sie berücksichtigt und damit die Zweitauflage des Buches auf den neuesten Stand der einschlägigen Technik gebracht. Eine Erweiterung erfuhr die Auflage durch die ausführliche Besprechung der Vorschriften der Straßenverkehrsordnung in bezug auf die elektrische Ausrüstung von Kraftfahrzeugen und durch die Ausführungen über den Einbau von Kraftwagenempfangsgeräten. W. Rödiger VDE.

DK 621.313 — 621.314.21.004.67

Praktische Anleitung zur Instandsetzung von Elektromaschinen und Transformatoren sowie zur Herstellung von Elektromaschinenwicklungen und Transformatorenwicklungen. Von F. Riepenberg. 2. erweit. Aufl. Mit 185 Abb. u. 171 S. im Format A 5. Verlag Fritz Klett, Berlin-Südende 1938. Preis kart. 3,80 RM, geb. 4,80 RM.

Das Buch behandelt die Instandsetzung der elektrischen Maschinen und Transformatoren und ist in folgende Hauptabschnitte gegliedert: Erste Hilfe bei Motorenfehlern, die Elektromaschinenanlage der Kraftwagen und Motorräder, die Herstellung von Wicklungen an Gleichstrommaschinen, die Kommutatorreparatur, die Wicklungen der Wechselstrommotoren, das Wickeln von Transformatoren, Verwendung von Aluminium- statt Kupferleitern. Besonders ausführlich wird die Instandsetzung von Kleinst- und Kleinmaschinen besprochen. Auf mathematische Grundlegung ist, abgesehen von wenigen, einfachen Formeln, ganz verzichtet. Sehr ausführlich beschreibt der Verfasser alle Handgriffe und Maßnahmen bei der Ausführung der Instandsetzung. Die Prüfung, die Abwicklung und der Ersatz von Wicklungen, besonders solchen einfacher Art, ist eingehend dargelegt. Die Anweisungen sind sachgemäß und zeigen, daß der Verfasser mit dem von ihm behandelten Gebiet wohlvertraut ist. Die Schreibweise ist klar und leicht verständlich. Das Buch wird besonders für den Meister und die Gefolgschaft handwerklicher Instandsetzungsbetriebe ein willkommener, zuverlässiger Berater sein. Für eine neue Auflage wäre zu empfehlen, daß der Verfasser auf die Behandlung solcher Fragen ganz verzichtet, die zum rechten Verständnis theoretische Vorkenntnisse erfordern, z. B. die Bemessung der Kondensatoren für Einphasenmotoren und der Ersatz von Kupfer- durch Aluminiumwicklungen. Der gewonnene Platz könnte für die eingehendere Besprechung anderer Gebiete verwendet werden, z. B. der Umwicklung von Maschinen und Transformatoren. G. Haberland VDE.

DK 621.315.616.9

Kunststoffe. Ein Leitfaden für die Praxis und zum Gebrauch an technischen Lehranstalten. Im Auftrage des Fachausschusses für Kunst- und Preßstoffe des Vereines deutscher Ingenieure. Herausgegeben von Dr. F. Pabst und Dr. R. Vieweg. Mit 51 Abb. u. 92 S. im Format A 5. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1938. Preis kart. 3 RM.

Wer, wie die meisten Ingenieure, sich gezwungen sieht, sich mit neuzeitlichen Werkstoffen, besonders Kunststoffen, zu beschäftigen, wird gern zu diesem Büchlein greifen, das dem neuesten Stand der Wissenschaft und Technik entspricht. Der Fachausschuß für Kunst- und Preßstoffe des Vereines deutscher Ingenieure und die beiden Verfasser haben sich dadurch besonders um die Ausbildung des Ingenieurnachwuchses auf diesem Sondergebiet verdient gemacht.

Bei der lebhaften Entwicklung der Kunststofftechnik dürfte sich eine baldige Neuauflage bzw. ein Nachtrag nicht vermeiden lassen. Für diesen sollen im folgenden noch einige Wünsche geäußert werden. Die Schrifttumangaben könnten vermehrt werden, desgleichen die wertvollen grundsätzlichen Skizzen und technischen Daten, die bei Mipolam, Buna, Iganil usw. von den Herstellern dieser Stoffe leicht beschafft werden könnten. Bei der zunehmenden Bedeutung der Isolierfolien für die isolierten Leitungen und Kabel sollten auch diese entsprechend behandelt werden, wobei die erforderlichen Prüfverfahren besprochen werden sollten. Solange ein besonderes Buch über die Prüfung von Kunststoffen nicht vorhanden ist, wäre die Erweiterung dieses Leitfadens nach dieser Richtung hin sehr wertvoll, da es sehr viel Mühe macht, die Originalarbeiten darüber sich zusammenzusuchen bzw. sie den Studierenden zugänglich zu machen. P. Silberbach VDE.

DK 541.1

Physikalische Chemie. Von Prof. Dr. W. Kuhn. Mit 29 Abb., XI u. 360 S. im Format 130×185 mm. Verlag von Quelle & Meyer, Leipzig 1938. Preis geb. 8 RM.

Der Verfasser will durch ein kurzes, leicht verständliches Lehrbuch einen nicht allzu oberflächlichen Einblick in die physikalische Chemie geben. Er behandelt ausführlich mit möglichst wenig Mathematik die Begriffe der „klassischen" Thermodynamik und ihre Anwendungen auf physikalisch-chemische Vorgänge. Weitergehend gewährt er einen guten Einblick in die Gründe und Ziele der modernen Molekulartheorie (Elektronen- und Quantentheorie!). Nach einer knappen Einleitung über den Begriff Temperatur und ihr Messen behandelt er ihren Einfluß auf physikalisch-chemische Systeme (Gasgesetze, Löslichkeit, Wärmemenge usw.), dann den ersten und den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, die umkehrbaren Umsetzungen und die Arbeitsleistung bei ihnen (Ammoniakgleichgewicht z. B.), verdünnte Lösungen, Elektrolyte in heutiger Auffassung, den Nernstschen Wärmesatz und die Reaktionsgeschwindigkeit. Es folgen die Kennzeichnung und Auswertungen des Maxwellschen Verteilungssatzes, der Quantenstatistik, Aktivierungsenergie, Quantelung der Lichtenergie in ihrer Bedeutung für die Photochemie. Den Schluß bilden kurze ausgezeichnete Abschnitte über Oberflächenspannung, Kolloidchemie (Ausflocken, Schutzkolloide, Quellung usw.) und über Ermittelung des Gefüges von Molekülen mit Röntgenstrahlen. Das erfreulich wohlfeile Buch gibt in seiner streng sachlichen, klaren Darstellung dem aufmerksamen, im Denken geschulten Leser viel. Es sei auch dem Elektrotechniker bestens empfohlen! K. Arndt VDE.

DK 621.791.052

Grundzüge der Schweißtechnik. Kurzgefaßter Leitfaden. Von Studienrat Dipl.-Ing. Th. Ricken. Mit 97 Abb. u. 63 S. im Format 155×230 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1938. Preis kart. 3,90 RM.

Der kurz gehaltene Leitfaden sagt zwar dem Schweißfachmann nichts Neues, er ist aber ausgezeichnet geeignet, demjenigen, der sich über das gesamte Gebiet der Schweißtechnik informieren will, einen Überblick darüber zu verschaffen. Es ist wirklich nur das Grundlegende und Wichtigste aus allen Gebieten der Schweißerei behandelt worden, so daß das Buch frei von jedem belastenden Beiwerk jeden Neuling in die „Geheimnisse" der Schweißtechnik einführt.

Verhältnismäßig kurz wird die Thermitschweißung behandelt, während die heute am meisten gebräuchlichsten Schweißverfahren, nämlich die Gasschmelzschweißung, die elektrische Widerstandsschweißung und die Lichtbogenschweißung einen breiteren Raum einnehmen. Ein besonderes Kapitel ist der konstruktiven Seite der Schweißtechnik gewidmet. Auch auf die Belastung der Schweißnähte wird eingegangen. Zum Schluß wird die Kostenfrage kurz gestreift.

Die Ausführungen sind, dem Zweck des Buches entsprechend, sehr knapp gehalten. Dadurch kann teilweise der Eindruck entstehen, daß der Verfasser über einige Dinge abschließend urteilt, über welche die Praxis noch nicht endgültig entschieden hat. Die Brauchbarkeit des Buches zur Einführung in die Schweißtechnik wird aber dadurch nicht verringert. G. Stolberg.

DK 621.791.5 (021)

Praktisches Handbuch der gesamten Schweißtechnik. Von Prof. Dr.-Ing. P. Schimpke und Obering. H. A. Horn. 1. Bd.: Gasschweiß- und Scheidtechnik. 3. neubearb. u. vermehrte Aufl. Mit 347 Abb., 22 Tabellen, VIII u. 300 S. im Format 160×235 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1938. Preis geb. 18 RM.

Die dritte Auflage dieses „klassischen" Werkes über die autogene Schweißung ist auf den neuesten Stand dieser noch immer sich weiter ausbreitenden Technik gebracht.

Neu behandelt sind die Rechtsschweißung, die Schweißzusatzstäbe für die verschiedenen Legierungen der Eisen- und Nichteisenmetalle und die dazu erforderlichen Flußmittel, die konstruktiven Verbesserungen der Geräte, besonders für das Brennschneiden, der Gefügeaufbau und die dynamische Güteprüfung und Auswertung. Die Sprache, Darstellungsweise, sowie die Abbildungen sind ausgezeichnet. Die neue Auflage wird die alten Freunde des Buches erfreuen und sich sicher viele neue erwerben. J. C. Fritz VDE.

DK 51

Grundbegriffe und Hauptsätze der höheren Mathematik, insbesondere für Ingenieure und Naturforscher. Von Prof. Dr. G. Kowalewski. Mit 40 Fig. u. 156 S. im Format 160×235 mm. Verlag W. de Gruyter & Co., Berlin 1938. Preis geb. 5 RM.

Die mathematischen Hilfsmittel, welche der Ingenieur bei seiner Tätigkeit im Laboratorium, Konstruktionsbüro und Betrieb benötigt, sind häufig der Gegenstand eines Lehrbuches gewesen. Von ähnlichen Werken unterscheidet es sich zunächst schon grundsätzlich in seinem Inhalt. Versuchen andere Verfasser fast stets das gesamte Gebiet der Höheren Mathematik darzustellen, so greift Kowalewski nur einige Gebiete heraus, die aber äußerst gründlich dargestellt werden. Besonders muß erwähnt werden, daß gleich zum Anfang der moderne Vektorbegriff, die Gedankenwelt der Zahlenfolgen und der komplexen Größen erörtert werden. Ausführlich wird in die Lehre der Determinanten und ihrer Anwendungsmöglichkeiten eingeführt. Vor diesem Gebiet hat der Ingenieur und Techniker noch etwas Scheu, und aus diesem Grunde ist es schon zu begrüßen, daß Kowalewski dies Gebiet exakt klar, eingehend und doch kurz dargestellt hat. Anschließend an jene Kapitel folgt die Behandlung der Infinitesimalrechnung und der Unendlichen Reihen. Auch hier hat der Verfasser die Auswahl so getroffen, daß für den Leserkreis, dem das Buch gewidmet ist, alles Notwendige enthalten ist.

Die gesamte Darstellung des Werkes ist klar und exakt. Der Text ist in einem sehr lebendigen Stil niedergeschrieben und eingeflochtene historische Bemerkungen machen das Lesen zu einem Genuß. Auch der reine Mathematiker wird in diesem Buch viele Anregungen finden!

Der Preis des Buches ist bei guter Ausstattung sehr niedrig gehalten, so daß die Möglichkeit, es sich anzuschaffen, vielen Kreisen gegeben ist. Hierfür gebührt dem Verleger Dank.
E. Hameister VDE.

DK 519.3

Variationsrechnung. Von Prof. Dr.-Ing. G. Grüß. Mit 39 Abb., VIII u. 247 S. im Format 130×185 mm. Verlag von Quelle & Meyer, Leipzig 1938. Preis geh. 4,60 RM, geb. 5,40 RM.

Das mäßig große Buch ist als Einführung gedacht und verfolgt ausgesprochen pädagogische Zwecke. Es sucht keine besonderen neue Wege, sondern hält sich an die klassischen Methoden, wie sie von Bernoulli bis auf Hilbert und Kneser hin entwickelt worden sind. Als Anreger haben direkt Hammerstein und Rothe, indirekt Weierstraß gewirkt. Dessen Vorlesungen und Gedanken sind überall zu erkennen. Auch seine Strenge; es handelt sich um eine Erscheinung, die in glücklicher Weise Genauigkeit mit dem Bestreben verbindet, den an sich nicht leichten Gegenstand dem Verständnis näher zu bringen. Dazu dienen sehr viele Beispiele, Warnungen vor Fehlschlüssen, Betonen der wichtigen Dinge. Die Methode ist analytisch — man vergleiche etwa die Darstellung des Einbettungssatzes bei Grüß mit der in dem Göschenbändchen von Koschmieder —, wird jedoch durch geometrische Anschauung belebt. Das Buch enthält 39 Abbildungen. Die erste Hälfte etwa ist der ausführlichen Darstellung des einfachsten Falles gewidmet, erste Variation, zweite Variation, Weierstraßsche Bedingungen, Theorie von Jacobi und Hamilton sind die Kapitelüberschriften. Es schließt sich ein Kapitel über Variationsprobleme zwischen Punkt und Kurve an. Dann kommt noch ein umfangreiches Kapitel über die Weierstraßsche Theorie, d. h. über das homogen gemachte Problem, in dem dann auch der Hilbertsche Unabhängigkeitssatz und der Knesersche Transversalensatz seine Stelle findet, und das letzte Kapitel ist allgemeineren Variationsproblemen, wie dem Auftreten höherer Ableitungen, den Doppelintegralen, den Nebenbedingungen und schließlich den direkten Methoden gewidmet. Man darf wohl behaupten, daß der Mann der Anwendungen im wesentlichen alles findet, was er zunächst einmal von der Variationsrechnung braucht, und das in einer für ihn angenehmen Form. G. Hamel VDE.

DK 621.3.012.1

Graphische Methoden zur Lösung von Wechselstromproblemen. Von A. von Brunn. Mit 152 Abb. u. 243 S. im Format B 5. Verlag Benno Schwabe & Co., Basel 1938. Preis geb. 10,80 RM.

Das Buch ist als Lehrbuch gedacht und hat sich zur Aufgabe gesetzt, die Lösung von Wechselstromproblemen weitgehend graphisch durchzuführen mit einem Mindestaufwand an mathematischen Hilfsmitteln. An Vorkenntnissen werden etwa die eines Technikers vorausgesetzt bzw. der Inhalt des ersten Bandes der Herrmannschen Elektrotechnik, Einführung in die Starkstromtechnik, aus der Sammlung Göschen.

Dem eigentlichen aufbauenden Teil des Buches ist eine längere Einleitung vorangestellt, die der Lernende zunächst überspringen kann und vielleicht auch zweckmäßig überspringen wird, denn sie führt gleich sehr medias in res, und, indem sie mehrere unterschiedliche Darstellungsweisen des Transformatordiagramms durch namhafte Verfasser kritisch vergleicht, dürfte sie den Anfänger zunächst eher entmutigen als aufmuntern.

Der systematisch-didaktische Teil des Buches beginnt mit den Grundlagen der graphischen Darstellung, an die sich die Besprechung der physikalischen Elemente und der Energetik elektrischer Stromkreise anschließt. Es folgen die Einführung des Impedanz- und Admittanzdiagrammes, die Besprechung ihrer wechselseitigen Beziehung (Inversion) und der Diagramme von Reihen- und Parallelschaltungen von Impedanzen (Doppelinversion). Von den magnetisch gekoppelten Kreisen sind der Einphasentransformator und der Drehstrom-Induktionsregler behandelt. Nach Erörterung des „Fehlspannungssatzes" werden die kurze und die lange Leitung besprochen, die EMKe mehrphasiger Maschinenwicklungen, die Konstruktion der Ortskurven, ihre Entstehung, die Inversion und die Doppelinversion von Gerade und Kreis, stromunabhängige EMKe und einige Kommutatormaschinen. Die Methode der symmetrischen Komponenten von Fortescue wird an zwei Beispielen vorgeführt. — Es sei hier eingeflochten, daß vor Fortescue bereits G. Hommel in seiner Dissertation (München 1910) über das Verhalten des asynchronen Drehstrommotors bei unsymmetrischen Klemmenspannungen das System der drei unsymmetrischen Linienströme in zwei gegenläufige symmetrische Systeme zerlegt hat. Fortescue bleibt damit das Verdienst ungeschmälert, die Rechnung mit symmetrischen Komponenten ganz hervorragend ausgebaut zu haben. — Das Buch schließt mit den Selbsterregungserscheinungen in Wechselstromsystemen und mit einem Schrifttumsverzeichnis mit 44 Nachweisen. Es würde zu weit führen, hier die vielen praktischen Beispiele einzeln aufzuführen, die der Erläuterung und Einprägung des Vorgetragenen dienen.

Der Verfasser knüpft in seiner Darstellungsweise vor allem an eigene Arbeiten an und weicht in der Definition der Spannung bewußt von den DI-Normen ab, prägt vielmehr einen neuen Spannungsbegriff, nämlich den der „dynamischen Klemmenspannung", und kommt hierdurch verschiedentlich zu Darstellungen, die von den üblichen, wie er selbst zugibt, abweichen. So eilt bei ihm der Strom in der Drosselspule der dynamischen Klemmenspannung an dieser um 90° vor und umgekehrt beim Kondensator. Begriffe wie „Ohmsche Widerstandskraft", „Ohmsche Gegen-EMK" bzw. „Ohmsche EMK" weisen auf die Blochsche Schule hin, Begriffe wie die der „dynamischen Klemmenspannung", der „Expedanz" usw. sind vor allem vom Verfasser in seinen oben erwähnten Arbeiten entwickelt und verfochten worden.

Man kann wohl sagen, daß Darstellungen, die von den gewohnten abweichen, dadurch ihren Wert erweisen, daß sie erneut zum Nachdenken anregen und so das Bild unserer Wissenschaft abzurunden helfen — den deutschen Jungingenieuren, die im Interesse einer Vereinheitlichung an die DI-Normen gebunden sind, wird man jedoch das vorliegende Buch vielleicht besser erst dann empfehlen, wenn ihnen die bei uns übliche Darstellung geläufig geworden ist und sie Interesse an abweichenden Darstellungen und deren besondere Leistungsfähigkeit bekunden.

Druck und Ausstattung des Buches sind außerordentlich sorgfältig durchgeführt. G. Hauffe VDE.

DK 621.086—791.2

Der Indikator. Seine Theorie und seine mechanischen, optischen und elektrischen Ausführungsarten. Von Prof. K. J. de Juhasz und Obering. Dr.-Ing. J. Geiger. Mit 392 Abb., IX u. 293 S. im Format 165×240 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1938. Preis kart. 27 RM, geb. 28,80 RM.

Mit großer Sorgfalt und Sachkenntnis haben die Verfasser eine umfassende Darstellung der in Verfahren wie Konstruktion verschiedenen Lösungen für den Indikator gegeben. Der mechanisch aufzeichnende Indikator wird in seinen in- und ausländischen Ausführungen wie in all seinen Einzelteilen eingehend behandelt. Die vielen Abbildungen unterstützen die ausführliche Beschreibung und erläutern die Hinweise auf die verschiedenen Vor- und Nachteile der einzelnen Bauarten. In gleicher Weise ist auch der Abschnitt über die vielen optischen Indikatoren bearbeitet. Man lernt hier wieder eine Reihe von sehr interessanten Lösungen kennen, die leider meist nur eine einmalige Ausführung gefunden haben, besonders weil dem optischen Indikator in der Entwicklung bald der elektrische folgte.

Neben den vier bekannten elektrischen Verfahren — des veränderlichen Widerstandes, der veränderlichen Kapazität, der veränderlichen Induktivität und des veränderlichen Potentials (Piezoelektizität) — werden noch Ausführungsformen für lichtelektrische und magnetoelektrische Indikatoren angegeben. Die Verfahren zur elektrischen Übertragung des Kolbenweges und die Aufzählung der verschiedenen Oszillographen wurde nicht vergessen.

Bei der Erklärung der punktweise anzeigenden Indikatoren gehen die Verfasser auch auf Gasprobeentnahmeventile ein, die für Spülungsuntersuchungen an Zweitaktmotoren eine wachsende Bedeutung gewinnen. In weiteren Abschnitten findet man Mittel- und Höchstdruckindikatoren, Arbeitszähler, Indikatoren für Druckunterschiede, Bewegungen und Klopfuntersuchungen erwähnt, ebenso die verschiedenen Eichverfahren und Anleitungen zur Auffindung von Fehlern in Diagrammen. Diese interessanten Ausführungen erhalten eine wertvolle Ergänzung in dem Abschnitt über die Dynamik des Indikators, in dem die Fragen der Eigenschwingungszahl und der Wiedergabetreue besprochen und mit Zahlenbeispielen belegt werden. In gleicher Richtung liegt eine Betrachtung über die Zweckmäßigkeit der Anwendung mechanischer oder elektrischer Indikatoren.

Das inhaltsreiche Buch ist mit vielen und guten Abbildungen ausgestattet und enthält ein ausführliches Schrifttumsverzeichnis mit kurzen Inhaltsangaben der wichtigsten Arbeiten. S. Meurer.

DK 621.73.034

Gesenkschmiede. 1. Teil: Gestaltung und Verwendung der Werkzeuge. Von H. Kaessberg. 2., neubearb. Aufl. des zuerst von P. H. Schweißguth † bearb. Heftes. (Werkstattbücher, Heft 31. Herausgeber: Dr.-Ing. H. Haake.) Mit 254 Abb. u. 63 S. im Format 155×230 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1938. Preis geh. 2 RM.

Durch die Neubearbeitung hat dieses Heft sehr gewonnen. Schon die Unterteilung in drei Hauptabschnitte: I. Grundlagen der Gesenkgestaltung, II. Einfluß der Schmiedeverfahren auf die Gestaltung der Gesenke, III. Gestaltung der Werkzeuge für die einzelnen Arbeitsvorgänge unter Berücksichtigung der Maschinenart, zeigt die Hauptrichtungen des gesenkschmiedetechnischen Gebietes.

Im ersten Abschnitt werden eingangs kurze, jedoch notwendige Ausführungen über die Bildsamkeit der Werkstoffe und der Fließvorgänge gemacht. Dann wird anschließend der Aufbau der Gesenke, die Lage der Gesenkform, Zweck der Unterteilung in Vor- und Fertiggesenk beschrieben. Besonders anschaulich und ausführlich geht der Verfasser auf Teilung der Gesenkform ein.

Der zweite Abschnitt enthält Angaben über die verschiedenen Arbeitsweisen beim Schmieden im Gesenk. Ausgehend vom einfachen Strecken und Breiten wird an Hand von Beispielen gezeigt, wie die endgültigen Formen über die Vorformen entstehen. Es werden nähere Angaben über die Einrichtung der Vor- und Fertiggesenke gemacht und verschiedene Verfahren, z. B. Schmieden von der Stange, Schmieden vom Stück, Mehrfach-Schmieden, Genau-Schmieden und Elektrostauchen beschrieben.

Der dritte Abschnitt bringt eingangs Herstellungsbeispiele, z. B. Spalten, Biegen, Lochen und die Beschreibung der hierzu erforderlichen Werkzeuge, Schnitte usw. Sehr eingehend wird über das Spalten berichtet; ein Verfahren zur Herstellung von Vorformen aus Flachabmessungen mittels Schere oder Presse. Die Arbeitsweise ist alt, wird aber viel zu wenig angewandt, obwohl man an Werkstoff und Zeit spart.

Anschließend wird dann das Preß- und Ziehverfahren sowie das Lochverfahren nach „Ehrhardt" beschrieben.

Einen breiten Raum widmet der Verfasser den Herstellungsverfahren und Werkzeugen der Schmiedemaschinen und mit Recht, da diese Maschinen eine besonders große Allgemeinverbreitung gefunden haben. An vielen Beispielen werden die verschiedenartigsten Verformungsvorgänge erläutert.

Abgeschlossen wird dieser Abschnitt mit näheren Ausführungen der Arbeiten an Schmiedewalzen, Abgratpressen und Kaltschmiedepressen.

Sowohl die Überarbeitung des aus der ersten Ausgabe Übernommenen als auch das hier erstmalig Gedruckte ist in jeder Weise gut. Vielleicht hätte es sich ermöglichen lassen, die älteren Beispiele (Puffer- und Bajonettherstellung) durch neuere zu ersetzen.

Hervorzuheben ist die knappe und doch leichtverständliche Art, mit der der Verfasser ein so großes Wissensgebiet zu behandeln verstanden hat. A. Stodt.

EINGÄNGE.

Bücher.

Statistisches Jahrbuch für die Eisen- und Stahlindustrie 1938. Statistische Gemeinschaftsarbeit der Bezirksgruppe Nordwest der Wirtschaftsgruppe Eisen schaffende Industrie und der Stahlwerks-Verband Aktiengesellschaft. Mit IX u. 248 S. im Format A 5. Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf 1938. Preis kart. 5 RM.

[In seinem Aufbau stimmt das Buch mit den Ausgaben der früheren Jahrgänge überein. Neu hinzugekommen sind Zusammenstellungen über die Eisenerzeinfuhr Großbritanniens nach Ländern, über die eisenindustrielle Erzeugung der Südafrikanischen Union, über Weltgewinnung und -verbrauch an Metallen, über die Weltausfuhr an Schrott, über die Eiseneinfuhr Irans und der französischen Kolonien. Unter dem Zeichen der Wirtschaftsentwicklung Deutschlands und unter Berücksichtigung der Notwendigkeit, die Verhältnisse in der Eisen- und Stahlindustrie der ganzen Welt zu verfolgen, kann das Statistische Jahrbuch seine bisherige Bedeutung nur noch weiter steigern.] *Kp.*

Slownik Techniczny w czterech Jezykach. Technisches Wörterbuch in vier Sprachen. 1. Teil: Englisch-polnisch-französisch-deutsch. Bearb. von J. Wleklinski, W. Prochnau, C. Rajski, M. Makowski, P. Wilniewczyc i Inni Mit 488 S. im Format 130 × 175 mm. Ksiegarnia Techniczna „Przegladu Technicznego", Warschau 1938. Preis geh. 15 sl. geb. 18 sl.

[Durch Mithilfe der polnischen Kommission für technische Wörterbücher haben die Verfasser dieses Wörterbuch geschaffen, das in dem nun vorliegenden 1. Teil zuerst in englischer, dann in polnischer, französischer und zuletzt in deutscher Sprache abgefaßt ist.]

Berichtigung.

In dem Bericht „Über Photoionisierung durch den elektrischen Funken" ETZ 60 (1939) H. 4, S. 109, muß die Quelle richtig wie folgt, lauten:

Nach C. Brinkmann, Arch. Elektrotechn. **33 (1939)** H. 1, S. 1; 22 S., 21 Abb.

In dem Bericht „Beitrag zur qualitativen Theorie gleichstromvormagnetisierter Eisenkern-Drosselspulen" ETZ 60 (1939) H. 4, S. 110, muß die Quelle richtig, wie folgt, lauten:

Nach G. Hauffe, Arch. Elektrotechn. **33 (1939)** H. 1, S. 41; 7 S., 0 Abb.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Oberregierungsrat Prof. Dr. W. Meißner, München 2 NW, Walter-von-Dyck-Platz 1.

Dr. H. Schimank, Hamburg-Fuhlsbüttel, Im grünen Grund 5.

Abschluß des Heftes: 10. März 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 23. März 1939 | Heft 12

Das elektrische Verhalten von Langstabisolatoren mit Lichtbogen-Schutzarmaturen.

Von Hans Ziegler VDE, Selb.

DK 621.315.624.5

Übersicht. Die für das elektrische Verhalten von Langstabisolatoren mit Lichtbogenschutzarmaturen maßgebenden Einflüsse der Formgebung werden besprochen und Vorschläge für eine hinsichtlich Feldverteilung günstige Bauform gemacht. Über das elektrische Verhalten beschädigter Langstabisolatoren werden allgemeine Gesetzmäßigkeiten und praktische Meßwerte angegeben.

Der Langstabisolator[1]), der neuerdings in Hochspannungsleitungen an Stelle von mehrgliedrigen Isolatorenketten Eingang findet, stellt in der mehr als dreißigjährigen Entwicklung von Hochspannungshängeisolatoren eine Besonderheit dar. Er ist der erste Isolator, bei dem von vornherein die Verwendung von Lichtbogenschutzarmaturen grundsätzlich vorausgesetzt und vorgeschrieben wird und bei dessen Formentwicklung daher bewußt auf einen Lichtbogenselbstschutz durch entsprechende Ausbildung des Isolierkörpers verzichtet werden konnte. Während man im allgemeinen bei Isolatorenketten aus Kappen- oder Vollkernisolatorengliedern für Betriebsspannungen bis etwa einschließlich 60 kV auch ohne Schutzarmaturen zufriedenstellende Betriebsergebnisse erwartet und die Anwendung von Lichtbogenschutzarmaturen erst bei höheren Betriebsspannungen zur Notwendigkeit wird, sind beim Langstabisolator die Schutzarmaturen sozusagen in die Bauform mit einbezogen und als ein wichtiger Teil des vollständigen Isolators unentbehrlich. Früher durchgeführte Hochleistungslichtbogenversuche an normalen Stabisolatoren[2]), wie sie im Fahrleitungsbau der Reichsbahn verwendet werden, haben gezeigt, daß schon bei kurzen Stabisolatoren ohne Schutzarmaturen die Verletzung des Stabstrunkes und damit die Zerstörung des Isolators und das Herabfallen der Leitung bei ungünstiger Auslösung der Schaltanlage nicht mit völliger Sicherheit vermieden werden kann. Beim Langstabisolator ist diese Gefahr beim Fehlen von Schutzarmaturen noch größer, da er für höhere Betriebsspannungen bis 150 kV und daher für Leitungsnetze höherer Kurzschlußlichtbogenleistungen bestimmt ist. Deshalb hat man von vornherein festgelegt, diese Isolatorenbauform unter Voraussetzung von Schutzarmaturen zu gestalten. Die Gesetzmäßigkeiten der Formgebung von Langstabisolatoren und das elektrische Verhalten im unbeschädigten wie auch im beschädigten Zustand zeigen daher interessante Unterschiede gegenüber mehrgliedrigen Isolatorenketten.

Die elektrische Grundaufgabe jedes Hochspannungsisolators ist die Erzielung einer der vorgesehenen Betriebsspannung entsprechenden Isolierstrecke, die unter allen praktischen Betriebsverhältnissen wie Regen, Nebel und Verschmutzung in ausreichendem Maße erhalten bleiben muß. Gelegentliche Lichtbogenüberschläge dürfen nicht zu wesentlichen Zerstörungserscheinungen führen, falls infolge besonders widriger Betriebsverhältnisse, z. B. Überspannungen, oder Überbrückungen durch Fremdkörper, die erforderliche Isolierfähigkeit unterschritten wird. Gleichgültig, welche Grundform des Isolierkörpers man für die Glieder einer Isolatorenkette voraussetzt — die stabförmige des Vollkernisolators oder die topfförmige des Kappenisolators —, das Betriebsverhalten der Isolatorenketten hinsichtlich des elektrischen Überschlages ist immer durch die um die Grundform herum angeordneten Schirme und Rippen festgelegt. Den Schirmen kommt also bei den Gliedern von Isolatorenketten eine erhebliche Bedeutung zu, und ihr Einfluß erstreckt sich auf vier wichtige elektrische Eigenschaften:

Abb. 1. Aufteilung der Gesamtbaulängen der verschiedenen derzeit üblichen Hochspannungs-Hängeisolatoren in Isolierstrecken *i* und metallisch leitende Strecken *m* unter Zugrundelegung der jeweiligen Isolatorengrundform ohne Schirme.

1. Überschlagsspannung trocken,
2. Überschlagsspannung unter Regen,
3. Verlauf des Überschlagslichtbogens,
4. Feldverteilung und Glimmanfangsspannung.

Denkt man sich die Schirme der Isolatorenglieder als nicht vorhanden und betrachtet nur die Isolatorengrundformen, so erkennt man, daß sowohl bei Kappen- als auch bei Vollkernisolatoren ohne Schirme, wie aus Abb. 1 ersichtlich, die der Baulänge der Kette entsprechende Isolierstrecke durch die Metallarmaturen der Isolatorenglieder stark verkürzt wird. Bei Vollkernisolatoren beträgt diese Verkürzung etwa 45 %, bei Kappenisolatoren

[1]) ETZ 59 (1938) S. 234.
[2]) K. Draeger, ETZ 49 (1928) S. 785; Rosenthal Mitt. (1929) H. 15, (1930) H. 16 (dort auch Schrifttumübersicht) u. (1931) H. 18.

sogar etwa 80 %. Daher sind zur Erzielung einer nur annähernd der Luftschlagweite der Baulänge entsprechenden Überschlagsspannung schon im trockenen Zustand Schirme erforderlich, die den Überschlagsweg vergrößern und die Verkürzung desselben durch die Metallkappen wieder ausgleichen. Diese Schirme dürfen hinsichtlich Größe und Anordnung nicht beliebig gewählt werden, denn sie müssen gleichzeitig bei Regen dafür sorgen, daß ein möglichst großer Anteil der Oberfläche des Isolators unbenetzt bleibt. Aber auch die Bemessung nach diesen beiden Gesichtspunkten ist nicht allein stichhaltig, denn die Schirme müssen ferner verhindern, daß auftretende Überschlagslichtbögen in die Kette treiben und an den Metallarmaturen sich festsetzen können. Auch hinsichtlich dieser Forderung müssen die Schirme nach bestimmten Gesetzmäßigkeiten[3]) angeordnet werden, so daß praktisch bei Erfüllung der genannten drei Aufgaben, zu denen u. U. noch die Berücksichtigung starker Schmutzablagerungen hinzukommt, meist kein Freiheitsgrad mehr bleibt, bei der Anordnung und Bemessung der Schirme auch noch der Forderung nach gleichmäßiger Spannungsverteilung Rechnung zu tragen. Man ist also bei der Festlegung von Schirmabmessungen und Schirmanordnungen bei Isolatorengliedern von Isolatorenketten nach allen Richtungen gebunden. Diese Gebundenheit lockert sich auch nicht wesentlich, wenn man bei der Ausbildung von Isolatorenketten grundsätzlich Lichtbogenschutzarmaturen voraussetzen würde.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei Langstabisolatoren mit Lichtbogenschutzarmaturen. Hier ist, unter Abrechnung der oberen und unteren Kappe, die gesamte Baulänge des Isolators als Isolierstrecke wirksam (vgl. Abb. 1), und die Trockenüberschlagsspannung ist durch die, auf etwas geringeren Abstand eingestellten Schutzarmaturen festgelegt. Zum Zwecke der Erhöhung der Trockenüberschlagsspannung Schirme anzuordnen, wäre völlig sinnlos, und für trockenen Betrieb könnte der Langstabisolator ohne sonderliche Nachteile völlig schirmlos und glatt ausgeführt werden. Der Isolierkörper selbst stellt hier nichts anderes als den Isolierträger einer durch die Schutzarmaturen festgelegten Funkenstrecke dar. Auch vom Gesichtspunkte der Lichtbogensicherheit wäre die Anwendung von Schirmen bei Langstabisolatoren überflüssig, da bei geeigneter Ausbildung der Schutzarmaturen nach den bisherigen Erfahrungen eine Berührung des Stabkörpers und damit eine Beschädigung durch den Lichtbogen vermieden werden kann. Das Fehlen jeglicher Metallteile längs des Stabisolators macht es eben entbehrlich, die sonst zur Schirmung solcher Metallteile erforderlichen Schirme vorzusehen.

Als einziger Grund für die Anordnung von Schirmen bei Langstabisolatoren bleibt somit die Notwendigkeit, bei Regen unbenetzte Flächen zu schaffen bzw. bei Nebel die Oberfläche ausreichend groß zu gestalten. Die Schirme beim Langstabisolator sind also nichts Wichtigeres mehr als Regendächer. Regendächer kann man nun aber bis zu einem gewissen Grade beliebig anordnen: entweder wenige, weitausladende Schirme in größeren Abständen, oder viele, geringausladende in geringeren Abständen über den Isolierkörper verteilt, wobei gewisse Mindestgrößen mit Rücksicht auf die von den Schirmkanten in Hängelage des Isolators abtropfenden Regentropfen nicht unterschritten werden dürfen. Man wird praktischerweise die letztgenannte Ausführung bevorzugen und viele kleine Schirme verwenden, da weitausladende Schirme in mechanischer und thermischer Hinsicht gefährdeter sind und auch fertigungstechnisch eine Erschwerung und Verteuerung bedeuten.

Unter diesen Gesichtspunkten etwa kann man sich den Langstabisolator in seiner heute bekannten Bauform mit Schirmen, deren Durchmesser etwa gleich dem Zweifachen des Stabdurchmessers ist und die in gleichen Abständen von der Größe des Stabdurchmessers über den Stab verteilt sind, entstanden denken. Bei dieser Anordnung der Schirme gelingt es, die VDE-mäßige Regenüberschlagsspannung des Langstabes mit Schutzarmaturen bis auf einen Unterschied von etwa 4 bis 8 % an die Trockenüberschlagsspannung heranzubringen.

Die bisher verwendete Anordnung gleichmäßig über die Stablänge verteilter, gleich großer Schirme, nimmt noch ebensowenig Rücksicht auf die Forderung nach gleichmäßiger Spannungsverteilung wie die bisherige Schirmanordnung bei Isolatorengliedern von Isolatorenketten. Bei Isolatorenketten konnte im allgemeinen gleichzeitig mit den vordringlicheren Forderungen hinsichtlich Trocken- und Regenüberschlagsspannung und Lichtbogenablauf, die Forderung nach gleichmäßiger Spannungsverteilung nicht erfüllt werden. Die einzige praktische Lösung war die Verwendung unterschiedlich gebauter Isolatorenglieder, also die Verwendung kombinierter Ketten.

Spannung [% der Gesamtspannung]

a mit Schutzhornkreuzen b mit konischen Schutzringen

Abb. 2. Spannungsverteilung an Langstabisolatoren in trockenem Zustand.

Bei Langstabisolatoren, bei denen die Schirme hinsichtlich ihres elektrischen Einflusses lediglich als Regendächer zu betrachten sind, die in gewissen Grenzen beliebig angeordnet werden dürfen, besteht die Möglichkeit, auch auf die Forderung nach gleichmäßiger Spannungsverteilung einzugehen. Dies ist wünschenswert, da durch eine gleichmäßige Spannungsverteilung sowohl die Glimmanfangsspannung als auch die Regenüberschlagsspannung erhöht wird.

Die Spannungsverteilung des bisherigen Langstabisolators mit Schutzarmaturen ist in Abb. 2 dargestellt[4]). Sie zeigt einen ähnlichen Verlauf wie bei Isolatorenketten. Die der Leitung und der Erde am nächsten liegenden Teile des Isolators tragen die höchsten Spannungsanteile, wobei der Hauptanteil in der Nähe der Leitungselektrode auftritt. Wollte man nun diese nicht gerade günstige Spannungsverteilung vergleichmäßigen, so müßte man die gedachten Teilkapazitäten des Isolators in Richtung Leitung—Erde in den Teilen hoher Spannungsgradienten vergrößern oder in den Teilen geringer Spannungsgradienten verkleinern. Beispielsweise könnte dieser Gedanke dadurch verwirklicht werden, daß man in der Nähe der Enden des Langstabisolators Porzellan „anhäuft“, dafür sorgt, daß mehr Kraftlinien durch das Porzellan hoher Dielektrizitätskonstante statt durch Luft verlaufen, also mehr oder größere Schirme anordnet, oder anderseits in der Mittelzone des Isolators Porzellan wegnimmt, wobei jedoch in beiden Fällen die Regendachwirkung der Schirme nicht beeinträchtigt werden darf. Ein Langstabisolator für gleichmäßigere Spannungsver-

[3]) wie Fußnote 2.

[4]) Die Spannungsverteilung wurde gemessen nach dem Elektroskopverfahren von Schwaiger. Vergl. A. Schwaiger, Elektrische Festigkeitslehre, 2. Aufl. Berlin: J. Springer 1925.

teilung müßte daher etwa nach Abb. 3 gestaltet sein, d. h. die Schirme müßten hinsichtlich ihres Abstandes gestaffelt sein. Bei einer derartigen Ausführung wird nicht nur der Vorteil einer geringeren Glimmanfangsspannung erzielt, sondern auch eine noch weitergehende Angleichung der Regenüberschlagsspannung an die Trockenüberschlagsspannung[5]) und zudem eine, der geringeren Anzahl der Schirme gegenüber dem bisher üblichen Langstabisolator entsprechende Gewichtsverminderung.

So hat man also beim Langstabisolator dadurch, daß die Schirme von einem Teil der bisher bei anderen Isolatorenarten zu erfüllenden Aufgaben entlastet sind, erstmals die Möglichkeit und die nötigen Freiheitsgrade, um auf Feinheiten der Feldverteilung einzugehen.

Sehr interessant und als Bestätigung für die andersgearteten Aufgaben der Schirme des Langstabisolators gegenüber den Schirmen der Isolatoren von Isolatorenketten ist das elektrische Verhalten von Langstabisolatoren bisheriger Bauart bei Beschädigung der Schirme. Es wurde eine Anzahl von Versuchsreihen mit absichtlich beschädigten Langstabisolatoren der Reihe 100 kV (Baulänge 1195 mm, Strunkdurchmesser 75 mm, Schirmzahl 13) mit zweierlei Arten von Lichtbogenschutzarmaturen, und zwar Schutzhornkreuzen und Schutzringen mit konischem Ringprofil[6]) durchgeführt. Die Beschädigung erfolgte durch Abschlagen der Schirme mit einem Hammer. Die Schirme wurden dabei restlos bis auf den Strunk entfernt (vgl. Abb. 4), so daß den Messungen jeweils das theoretische Höchstmaß der Beschädigung zugrunde liegt, das praktisch nicht erwartet werden kann. Es ist kaum ein Fall vorstellbar, bei dem durch praktische mechanische oder thermische Beanspruchungen ein Schirm rundherum bis auf den Strunk abgesprengt wird, ohne daß der Strunk dabei selbst Schaden leidet. Um eine einheitliche Beurteilung der verschiedenen Versuche zu erhalten, wurde aber dieses Höchstmaß der Beschädigung den Messungen zugrunde gelegt. Die Reihenfolge der Schirmbeschädigungen war bei den einzelnen Versuchsreihen verändert, um aus der riesigen Anzahl der bei dreizehn Schirmen möglichen Kombinationen einige herauszugreifen, die das grundsätzliche Verhalten genügend kennzeichnen. Es wurde jeweils die normalfrequente Trocken- und Regenüberschlagsspannung unter Einhaltung betriebsmäßiger und VDE-mäßiger Bedingungen gemessen. Die Langstäbe wurden durchwegs in Hängelage untersucht.

Abb. 3. Neuer Langstabisolator mit gestaffelten Schirmabständen zur Erzielung gleichmäßigerer Spannungsverteilung.

Die Messung der Trockenüberschlagsspannung ergab keinerlei Einfluß der Schirmbeschädigung. Der Langstabisolator, dem sämtliche dreizehn Schirme abgeschlagen waren (vgl. Abb. 4), ergab die gleiche Trockenüberschlagspannung wie der völlig unversehrte Isolator. Dieses Ergebnis entspricht auch der theoretischen Erwartung, nach der die Schirme für einen trockenen Langstabisolator überflüssig sind und der Isolator mit Schutzarmaturen ausgesprochen als Schutzfunkenstrecke wirkt.

Die Messung der Regenüberschlagsspannung ergab erwartungsgemäß eine Abhängigkeit vom Beschädigungszustand des Langstabes. Dabei konnte allgemein festgestellt werden, daß die Beschädigung der untersten und obersten Schirme eine erheblichere Minderung der Überschlagsspannung verursacht als die Beschädigung der Schirme in der Mittelzone, die je nach dem Gesamtbeschädigungszustand eine geringe oder überhaupt keine Minderung oder sogar eine Verbesserung bringt. Dieses allgemeine Verhalten, das sich bei sämtlichen Versuchsreihen bestätigt hat, ist teils aus der durch die Beschädigung gegebenen Veränderung der Schirme in ihrer Wirkung als Regendächer und teils in der Veränderung ihrer Wirkung auf die Feldverteilung zu erklären. Die Beschädigung, bzw. das Abschlagen der obersten Schirme, bedeutet vorwiegend eine Beeinträchtigung der Regendachwirkung. Die Beschädigung der untersten Schirme dagegen vorwiegend eine Beeinträchtigung der Feldverteilung, denn die untersten Schirme tragen die höchsten Spannungsanteile, und ihre Entfernung widerspricht dem vorher angegebenen Bestreben nach Vergleichmäßigung der Spannungsverteilung. Die Schirme der Mittelzone dagegen sind weder als Regenschutz, noch für die Feldverteilung von ausschlaggebender Bedeutung, und es kann ihre Entfernung sogar eine Verbesserung bedeuten, wenn die Feldverteilung dadurch günstiger wird und der Isolator sich der in Abb. 3 entworfenen Bauform nähert.

Abb. 4. Langstabisolator mit abgeschlagenen Schirmen und konischen Lichtbogenschutzringen.

Zur Erläuterung dieser allgemeinen Feststellungen ist in Schaubild Abb. 5 das Ergebnis einer der durchgeführten Versuchsreihen dargestellt. Es ist daraus ersichtlich, daß das Abschlagen des obersten Schirmes eine Minderung der Regenüberschlagsspannung um 3,4 %, des obersten und untersten zusammen um 7,1 % und der beiden obersten und untersten zusammen 20 % hervorruft. (Diese Zahlen verstehen sich beispielsweise bei Verwendung von Schutzhornkreuzen als Lichtbogenschutzarmaturen.) Das daraufhin erfolgte Abschlagen von Schirmen der mittleren Zone bringt dagegen wieder eine Steigerung der Regenüberschlagsspannung, so daß der Langstab mit 6 abgeschlagenen Schirmen nach Versuch Nr. 7 nur eine Gesamtminderung von 6,9 % erfährt und erst beim Abschlagen der restlichen Schirme die Überschlagspannung weiter absinkt und beim schirmlosen Langstab eine Gesamtminderung von 46,3 % erreicht. Ein ähnliches Verhalten hinsichtlich des Minderungseinflusses der Schirme der einzelnen Zonen des Isolators konnte bei den übrigen Versuchsreihen festgestellt werden.

Ganz abgesehen von der aus diesem Ergebnis schirmbeschädigter Langstabisolatoren ableitbaren Bestätigung der eingangs dargelegten Gestaltungsgesichtspunkte kann der Betriebsmann daraus ersehen, daß Langstabisolatoren in beschädigtem Zustand ein wesentlich günstigeres elektrisches Verhalten besitzen als beschädigte Isolatorenketten. Bei Isolatorenketten bedeutet das Abschlagen von Schirmen nicht nur eine Verringerung des Regen-

[5]) Über die mit neuen Langstabisolatorenformen erzielten elektrischen Werte sowie über Hochleistungslichtbogenversuche an Langstabisolatoren unter Verwendung verschiedenartiger Schutzarmaturen wird demnächst in der ETZ noch berichtet werden.

[6]) K. Draeger, Rosenthal-Mitt. (1930) H. 16, S. 15.

schutzes und eine Beeinträchtigung der Feldverteilung, sondern es werden dadurch außerdem Metallarmaturen freigelegt und der Isolierweg durch das Wirksamwerden dieser Metallstrecken erheblich verkürzt (vgl. Abb. 1), während bei Schirmbeschädigungen an Langstäben lediglich eine Verringerung des Regenschutzes und eine je nach der Beschädigung mindernd oder verbessernd wirkende Veränderung des Feldes auftritt. Aus diesem Grunde ist das elektrische Verhalten beschädigter Langstäbe sehr viel günstiger als das Verhalten beschädigter Isolatorenketten. Es kann natürlich allgemein nicht empfohlen werden, auf Grund der geringfügigen elektrischen Minderung beschädigte Langstäbe dauernd in den Leitungen zu belassen, zumal bei Schirmbeschädigungen

Versuchs-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Minderung [%] mit Schutzhornkreuzen	—	3,4	7,1	12,3	20	15,9	6,9	11,1	18	25,2	31,2	38,2	45,2	46,3
Minderung [%] mit konischen Schutzringen	—	4,8	5,4	13,3	18,7	15,3	8,8	11,3	16,2	24,2	31,4	47	45,3	46,8

Abb. 5. Einfluß des Beschädigungszustandes eines Langstabisolators mit Schutzarmaturen auf die Regenüberschlagsspannung nach den Ergebnissen einer der durchgeführten Versuchsreihen.

stets auch die Gefahr eingetretener Strunkbeschädigungen und mechanischer Minderung besteht und auch die Glasurlosigkeit der Bruchstellen keinen wünschenswerten Dauerzustand darstellt. Aber es ist daraus ersichtlich, daß die Auswechslung eines beschädigten Langstabes, der seine mechanische Last noch trägt, nicht so sehr eilig ist wie in vielen Fällen die Auswechslung beschädigter Glieder von Isolatorenketten.

Bei den durchgeführten Versuchen an beschädigten Langstabisolatoren sowie auch an unversehrten Isolatoren dieser Bauart wurden die Überschlagswerte sowohl mit Schutzhornkreuzen, als auch mit konischen Schutzringen (vgl. Abb. 4) gemessen. Im Schaubild Abb. 5 sind für beide Schutzarmaturenarten die Ergebnisse eingetragen, und es zeigt sich, daß, abgesehen von geringen Schwankungen, die Überschlagsspannungen im großen ganzen gleich groß sind. Eine einwandfreie Beurteilung der Wirkung der beiden Schutzarmaturenarten hinsichtlich des Lichtbogenablaufes aus den in Prüfanlagen verhältnismäßig geringer Leistung durchgeführten Überschlagsversuchen ist nicht möglich (die verwendete Prüfanlage[7]) besitzt eine Leistung von 1000 kVA). In nächster Zeit geplante Hochleistungslichtbogenversuche werden jedoch zu einer Klarstellung der tatsächlichen Verhältnisse führen[8]).

[7]) Die Untersuchungen wurden im Hochvolthaus der Rosenthal-Isolatoren G. m. b. H., Selb, durchgeführt.
[8]) Wie Fußnote 5.

Zusammenfassung.

Die Schirme des mit Lichtbogenschutzarmaturen ausgerüsteten Langstabisolators haben lediglich die Wirkung von Regendächern und können innerhalb gewisser Grenzen beliebig angeordnet werden. Dadurch besteht die Möglichkeit, ihre Anordnung so vorzunehmen, daß eine gleichmäßige Spannungsverteilung erzielt wird, die ihrerseits wieder eine Erhöhung der Anfangs- und der Regenüberschlagsspannung ergibt. Langstabisolatoren mit gestaffelten Schirmabständen entsprechen dieser Forderung und ergeben bei geringerer Schirmzahl als bisher üblich günstige Überschlagswerte. Schirmbeschädigungen an Langstabisolatoren haben im allgemeinen nur eine geringe Minderung der Regenüberschlagsspannung zur Folge. Die Minderung ist am stärksten bei Beschädigungen an den untersten oder obersten Schirmen und am geringsten bei den Schirmen der mittleren Zone. Die geringe Minderung durch die Beschädigung, die ein erheblich geringeres Ausmaß annimmt als die Beschädigung bei Isolatorenketten, macht die Auswechselung von beschädigten Langstabisolatoren, die mechanisch in Ordnung erscheinen, weniger eilig.

Hinsichtlich der für den Ablauf des Lichtbogens günstigsten Schutzarmaturenform muß noch das Ergebnis vergleichender Hochleistungslichtbogenversuche abgewartet werden.

Selbstverständlich wäre es verfrüht, aus dem recht günstigen allgemeinen elektrischen Verhalten der Langstabisolatoren bedingungslos den Schluß zu ziehen, daß der Langstabisolator als der vollkommenste aller Hochspannungsisolatoren zu betrachten ist. Für eine solche Beurteilung sind in gleichem Maße wie die elektrischen auch die mechanischen Eigenschaften bestimmend, und hier muß erst noch längere praktische Erfahrung abgewartet werden, um den Vergleich mit Kappen- oder Vollkernisolatorenketten machen zu können. In elektrischer Hinsicht ist der Langstabisolator mit Schutzarmaturen tatsächlich das Idealbild eines Hochspannungsisolators.

Theorie der Elektronenbewegung im Ablenkkondensator.

DK 537.533.7 : 621.319.4

Die Ablenkung eines Elektronenstrahles im Ablenkkondensator ist spannungsproportional und unabhängig vom Einfallswinkel, solange die angelegte Spannung klein gegen die Beschleunigungsspannung ist[1]). Der Ablenkkondensator entspricht daher einem optischen Prisma mit kleinem brechenden Winkel. Die Größe des Ablenkwinkels ist durch das Integral über die auf der Achse vorhandene Feldstärke bestimmt; der abgelenkte Strahl scheint vom Schwerpunkt des Achsenfeldes zu kommen. Bei großen Ablenkspannungen entsprechend einem Prisma mit großem brechenden Winkel treten Abweichungen von diesem Strahlengang auf, die durch ein Störungsverfahren ermittelt werden. Zu der in erster Näherung vorhandenen linearen Ablenkung tritt ein Korrektionsglied additiv hinzu, das die Ablenkspannung in der dritten Potenz enthält und das durch den Verlauf des Streufeldes festgelegt ist. Zugleich mit diesem Glied, das eine Änderung der Ablenkempfindlichkeit bewirkt, tritt auch eine Fokussierungswirkung auf. Sie wird im wesentlichen durch die verschiedenen Geschwindigkeiten der Elektronen im Kondensator bedingt und ist daher im Gegensatz zu den Verhältnissen beim optischen Prisma auch bei einem Bündel parallel eintretender Elektronen vorhanden. Es läßt sich eine Brechkraft definieren, die durch das Integral über das Quadrat des Ablenkfeldes gegeben ist. Daher kann die Fokussierung prinzipiell nicht beseitigt werden. Insgesamt wirkt der Kondensator wie eine Kombination von einem Prisma mit einer Zylinderlinse. *Vb.*

[1]) A. Recknagel, Z. Phys. 111 (1938) S. 61; 18 S., 9 Abb.

Ein neuer Kleinoszillograph mit Braunscher Hochvakuumröhre.

Von **A. Bigalke VDE** und **H. Pieplow VDE**, Berlin.

DK 621.317.755

Bereits vor längerer Zeit sind Elektronenstrahloszillographen entwickelt worden[1]), die durch ihr verhältnismäßig geringes Gewicht und durch ihre kleinen Abmessungen eine tragbare Standardform darstellen und gleich gut als Reiseoszillographen und Laboratoriumsgeräte verwendet werden können, insbesondere da durch wenige Zusatzgeräte[2]) auch hohe Anforderungen, z. B. hinsichtlich der photographierbaren Schreibgeschwindigkeit[3]), erfüllt werden. Wenn trotzdem der Wunsch nach einem ausgesprochenen Kleinoszillographen für die Inbetriebnahme, Untersuchung und Überwachung nichtstationärer Anlagen bestehen geblieben und gewachsen ist, so ist dies zum Teil eine Folge der lebhaften Entwicklung auf dem Gebiet der Fernsteuerung und des Meßwesens in Fahrzeugen. Gleichzeitig entspringt aber dieser Wunsch der zunehmenden Verbreitung der Oszillographie überhaupt, und es ist heute in den Laboratorien eine Notwendigkeit geworden, mehrere Oszillographen zur Hand zu haben, die man bei Bedarf wie jedes andere Meßinstrument aus dem Schrank nimmt.

Abb. 1. Hochvakuumröhre HR 1/60/0,5 mit 60 mm Schirmdurchmesser und Verstärkerröhre EL 12 zum Größenvergleich.

Damit ist das Ziel für die Entwicklung von Kleinoszillographen abgesteckt: so klein und leicht wie möglich, unabhängig vom Wechselstromnetz und im Preis etwa in der Größenordnung eines guten Strom- oder Spannnungsmessers. Hierzu kommen die üblichen Anforderungen an Elektronenstrahloszillographen: ein helles, gut beobachtbares und photographierbares Leuchtschirmbild, eine lineare und synchronisierbare Zeitablenkung und eine große Spannungsempfindlichkeit.

Es liegt nahe, die notwendigerweise kleine Braunsche Röhre gasgefüllt auszuführen, weil die elektronenoptische Strahlkonzentrierung mit abnehmender Baulänge der Röhre schwieriger wird, und weil zur Vermeidung eines schweren und großen Anodenspannungssatzes eine niedrige Anodenspannung gefordert werden muß. Infolge der bekannten, bei gasgefüllten Röhren auftretenden betrieblichen Nachteile, hauptsächlich also wegen der gerade bei kleinen Schirmdurchmessern störenden Nullpunktsanomalie und wegen der Inkonstanz und der geringen Lebensdauer der Kathode wurde trotzdem eine Hochvakuumröhre entwickelt, die damit also auch für Hochfrequenzuntersuchungen geeignet ist. Abb. 1 zeigt rechts die äußere Form: der Schirmdurchmesser beträgt 60 mm, die gesamte Länge einschließlich des Sockels 160 mm. Der rein elektrostatisch konzentrierte Elektronenstrahl wird im Normalbetrieb auf eine Endgeschwindigkeit von 500 V beschleunigt und ist in seiner Intensität durch den üblichen Wehneltzylinder steuerbar. Die Ablenkempfindlichkeit des Meßplattenpaares beträgt 0,22 mm/V bei 500 V Anodenspannung.

Da die geringe Baulänge des Rohres zur vollen Schirmaussteuerung große Ablenkwinkel verlangt, so daß insbesondere beim schirmnahen Plattenpaar der ausgelenkte Strahl dicht an den Ablenkplatten vorbeiführt, kann sich bei unsymmetrischem Betrieb dieses Plattenpaares der Trapezfehler[4]) störend bemerkbar machen. Das die zeitproportionale Ablenkspannung liefernde Kippgerät wurde deshalb vollsymmetrisch ausgeführt. Die Kippfrequenz selbst ist kontinuierlich zwischen 10 Hz und 40 kHz regelbar, so daß sich bei einer Zeitachsenlänge von 40 mm eine maximale Zeitauflösung von 1,6 mm/μs

Cm, *Ck*, *Cs*	Festkondensatoren	*Sy*	Klinke
A	Amplitudenregler	*Th*	Entladungsröhre
G	Trockengleichrichter	*Zf*	Doppelpotentiometer
Ps	Punktschärferegler	*Zg*	Kippkondensator
Ph	Helligkeitsregler	*Zk*	Umschalter
Rs	Hochohmwiderstand		

Abb. 2. Übersichtsschaltbild des Kleinoszillographen mit Kippgerät und Verstärker.

1) H. Pieplow, ETZ 58 (1937) S. 242.

2) C. Fröhmer u. H. Pieplow, Jb. Forsch.-Inst. AEG 5 (1938) S. 51. — A. Bigalke, ETZ 59 (1938) S. 389.

3) A. Bigalke, Z. techn. Phys. 19 (1938) S. 163.

4) H. Pieplow u. E. Steudel, Arch. Elektrotechn. 32 (1938) S. 46.

ergibt. Da der Fleckdurchmesser unter 0,5 mm gehalten werden kann, ist es möglich, noch eine Hochfrequenzschwingung von 1 MHz aufzulösen.

Das Übersichtsschaltbild Abb. 2 des Gerätes veranschaulicht, wie die symmetrische Kippschaltung erzeugt wird: der Kippkondensator *Zg* wird symmetrisch gegen Erde über die zum Doppelpotentiometer zusammengefaßten Widerstände *Zf* aufgeladen. Da die maximale Kondensatorspannung an *Zg* nur 20 % der insgesamt treibenden Spannung beträgt, bleibt der Linearitätsfehler der Zeitablenkung hinreichend klein und verfälscht das Kurvenbild insbesondere beim Schreiben mehrerer Wellenzüge auf dem Leuchtschirm nicht. Da Raum und Leistungsbedarf für eine zusätzliche Verstärkerröhre, mit der man leicht eine rückwirkungsfreie und zuverlässige Synchronisierung erreichen kann, in dem Kleinoszillographen nicht zur Verfügung stehen, wurde ein neues Verfahren angewendet. Bei induktiver oder kapazitiver Ankopplung eines Teiles der Meßspannung an das Gitter der Entladungsröhre *Th* treten normalerweise starke Rückwirkungen auf, weil das Gitter im Augenblick des Zündens einen starken Spannungsstoß erhält, der sich als Störung auf die Meßplatten auswirkt und so die Meßspannung verzerrt. Diese Störung tritt naturgemäß besonders stark auf, wenn der Oszillograph an Kreise mit hohem Innenwiderstand angeschlossen ist. Durch die in Abb. 2 dargestellte Ankopplung der Synchronisierung über einen kleinen Trockenplattengleichrichter *G* konnte diese Rückwirkung des Kippgerätes beseitigt werden. Eine über den Meßfrequenzbereich von 10 Hz bis 1 MHz einwandfreie selbsttätige Synchronisierung wurde dadurch erreicht, daß die Ankopplung durch die Reihenschaltung eines Hochohmwiderstandes *Rs* mit einem Kondensator *Cs* ausreichend frequenzunabhängig gemacht wurde.

K 45732

Abb. 3. Ansicht des Kleinoszillographen.

K 45733

Abb. 4. Blechteile des Kleinoszillographen.

Die Zeitablenkplatten sind über den Umschalter Z_k auch unmittelbar zugänglich. Dabei wird durch den Anschluß eines Vorganges an die Klemme „Zeitplatten" selbsttätig die Verbindung zwischen Zeit- und Meßkreis getrennt. Über die Klinke *Sy*, der diese Aufgabe zufällt, kann außerdem das Kippgerät von einer Fremdspannung synchronisiert bzw. durch Einführen eines Blindsteckers die Synchronisierung ganz abgeschaltet werden.

Die Meßspannung wird den Ablenkplatten galvanisch zugeführt, um auch Gleichspannungsmessungen zu ermöglichen. Der eingebaute Amplitudenregler gestattet ein bequemes Einregeln auf die gewünschte Bildgröße. Infolge des geringen Fleckdurchmessers lassen sich Wechselspannungen in der Größenordnung von einigen Volt noch gut beobachten. Darüber hinaus ermöglicht der eingebaute Meßverstärker eine 100fache, von 10 Hz bis 35 kHz frequenzunabhängige Spannungsverstärkung, so daß der Leuchtschirm mit einer Meßspannung von etwa 0,7 V voll ausgesteuert wird. Spannungen von 50 mV ergeben bereits gut meßbare Ausschläge. Der für Strommessungen erforderliche Nebenwiderstand wird deshalb klein und hat einen geringen Eigenverbrauch.

G G Wr Tr K 45734

G Gleichrichter *Tr* Netztransformator *Wr* Wechselrichter

Abb. 5. Blick auf den Netzanschlußteil.

Für die eingangs erwähnte Verwendungsmöglichkeit in Fahrzeugen ist die Unabhängigkeit vom speisenden Wechselstromnetz unerläßlich, da hier nur Akkumulatoren von 12 V oder 24 V zur Verfügung stehen. Erst dann ist es möglich, Messungen während der Fahrt vorzunehmen, also etwa Druckindizierungen oder Erschütterungsmessungen bei Flugzeugen während des Fluges durchzuführen. Die für den Betrieb der Braunschen Röhre, des Kippgerätes und des Verstärkers erforderliche Gleichspannung von rd. 1000 V wird aus den in Fahrzeugen vorhandenen Batterien mit Hilfe eines leicht auswechselbaren Pendelwechselrichters gewonnen; der zerhackte primäre Gleichstrom wird hochtransformiert und dann über Trockenplattengleichrichter gleichgerichtet. Der Transformator liefert gleichzeitig die notwendigen, voneinander isolierten Heizspannungen der einzelnen Röhren. Durch besondere Schaltelemente ist die Funkenbildung beim Zerhacker sorgfältig vermieden; da dieser außerdem für eine wesentlich größere Leistung bemessen ist, als er tatsächlich zu übertragen braucht, ergibt sich auch hierbei eine hohe Lebensdauer.

Die äußere Form des neuen Kleinoszillographen geht aus Abb. 3 hervor. Beibehalten wurden[5]) die pultförmige

[5]) Dies hat sich bei den größeren Typen sehr bewährt, vgl. H. Pieplow, ETZ 58 (1937) S. 242.

Abschrägung der Vorderplatte, in der der von einem ausziehbaren Beobachtungstubus umgebene Leuchtschirm eingelassen ist, die Konzentrierung sämtlicher Einstellknöpfe und Anschlußklemmen an der Vorderplatte und die Abdeckhaube, die beim Transport Leuchtschirm und Bedienungsgriffe vollkommen abdeckt und den Oszillographen in einen glatten, allseitig geschlossenen und widerstandsfähigen, leicht tragbaren Koffer verwandelt. Die Abmessungen betragen im geschlossenen Zustand 150 × 200 × 270 mm, während das ganze Gerät nur 6 kg wiegt. Das geringe Gewicht ist für Flugzeuge ganz besonders wichtig; denn das lästige Festbinden mit Gummischnüren u. dgl., das sonst immer erforderlich ist, kann fortfallen, da während des Startes und der Landung der Apparat bequem in der Hand gehalten werden kann.

Es ist selbstverständlich, daß ein derartiger Oszillograph, der die Leistungsfähigkeit eines mittleren Gerätes mit niedrigem Gewicht und kleinen Abmessungen vereinigt, und der außerdem preislich weit niedriger liegen soll, besonders sorgfältig durchkonstruiert werden muß. Dies gilt sowohl hinsichtlich der rein mechanischen Fertigung als auch in Hinblick auf die Auswahl der Einzelteile. Abb. 4 zeigt die Lösung dieser Frage von der fertigungstechnischen Seite: die gesamte Blechkonstruktion besteht aus zwei Hauptteilen, die später miteinander verschraubt werden. Das Ausklinken und Umknicken einzelner Blechteile ermöglicht eine raumsparende Bauweise mit wenigen Arbeitsgängen. Insbesondere erkennt man, daß die Fassung der Braunschen Röhre tief in das Chassis gelegt wurde, da man auf diese Art die geringste Bauhöhe erzielt.

Die elektrische Ausrüstung und die Anordnung der Einzelteile im Innern geht aus Abb. 5 hervor. Der Aufbau der Spannungsversorgung ist aus der Rückansicht des Gerätes erkenntlich. Neben dem Netztransformator *Tr* steht der auswechselbare Wechselrichter *Wr*, darüber sind die Trockenplatten-Gleichrichter *G* mit den Siebmitteln angebracht. Ganz links befindet sich die Verstärkerröhre, für die ebenfalls aus Raumersparnis und wegen der besonders großen Robustheit gegen mechanische Erschütterungen eine Stahlröhre[6]) gewählt worden ist.

[6]) K. Steimel, ETZ 59 (1938) S. 682.

Glättungseinrichtungen für Klein-Gleichrichter.

Von Helmut Böhm VDE, Nürnberg.

DK 621.318.7 : 621.314.63.018.3

Übersicht. Die Berechnung der Glättungseinrichtungen von Kleingleichrichtern erfordert oft einen Zeitaufwand, der für diese kleinen Gegenstände wirtschaftlich nicht gerechtfertigt erscheint. Die Vereinfachung der Bestimmung der notwendigen Größen und die Frage nach den Anforderungen an eine Glättungseinrichtung sind bei der heutigen starken Zunahme von Trockengleichrichtern von großem Interesse, wenn auch der Vollständigkeit halber bekannte Tatsachen angeführt werden.

Beide Bausteine für Glättungseinrichtungen, Kondensator und Drossel, lassen bei gemeinsamer Verwendung wegen der starken Abhängigkeit der Induktivität von der Sättigung des Eisenkerns der Glättungsdrossel nur schwer eine Übersicht zu, welche Bemessung die räumlich kleinste und preiswürdigste Anordnung ergibt. Bei Verwendung eines Kondensators unmittelbar hinter dem Gleichrichter, allein oder auch mit anschließender Siebkette, können wohl manche Vorteile erzielt werden, doch empfiehlt sich diese Anordnung wegen der hohen Stromspitzen im Gleichrichter und Transformator wenig.

In einigen Bedarfsfällen jedoch, in welchen im Stromkreis keine verzögernden Impedanzen liegen dürfen, wie z. B. bei Fernschreibern, ist die Glättung durch Kondensatoren eine zweckmäßige Lösung. Zur Vereinfachung der Berechnung wird angenommen, daß der Kondensator in unmeßbarer Zeit von den einzelnen Spannungsimpulsen des Gleichrichters aufgeladen und in der Zeit bis zum nächsten Impuls entladen wird, d. h. ausschließlich den Belastungsstrom liefert. Die durch den Widerstand des Gleichrichters und den Spannungsabfall des Transformators bedingte Aufladezeit wird hierbei also nicht berücksichtigt. Auch wird bei der Entladung vernachlässigt, daß Kondensator und Gleichrichter zeitweise gemeinsam den Verbraucherstrom decken. Aus der bekannten Beziehung

Abb. 1. Spannungskurve eines Selengleichrichters mit Glättungsdrossel und Kondensator für geringen Spannungsabfall.

$$u_t = u_0 \, e^{-\frac{t}{RC}}, \tag{1}$$

worin u_0 den um den Spannungsabfall des Gleichrichters verminderten Maximalwert der gleichgerichteten Wechselspannung, R den Belastungswiderstand, C die Kapazität des Kondensators und t die Entladezeit darstellen, läßt sich die Spannungskurve u_t im Entladeteil genau ermitteln. Aber auch diese vereinfachte Berechnung ist zur schnellen Bestimmung der Oberwelle noch zu umständlich. Da während der kurzen Entladezeit zwischen zwei Spannungsimpulsen ein geradliniger Verlauf der Spannungskurve angenommen werden kann, genügt für praktische Fälle die Beziehung

$$x \text{ in } \% = \frac{I_g \cdot 10^6}{3{,}5 \cdot f \cdot C} \cdot \frac{1}{U_g} \cdot 100\,, \tag{2}$$

worin I_g den Gleichstrom in Ampere, U_g die Gleichspannun in Volt, C die Kapazität in Mikrofarad, f die Oberwellenfrequenz und x die prozentuale Oberwelle als Effektivwert darstellen. Bei durchgeführten Messungen mit Einphasen-Doppelweggleichrichtung mit einer natürlichen Oberwelle von 47,4% zeigt sich, daß die Genauigkeit insbesondere deshalb genügend ist, weil es bei Glättungsberechnungen fast niemals darauf ankommt, einen genauen Wert, sondern einen Wert, der innerhalb der gewünschten Größenordnung liegt, einzuhalten. Bei Sechsphasenschaltungen dagegen, die nur eine natürliche Oberwelle von 4,06 % aufweisen, ist die Formel sehr ungenau. Man bestimmt hier, für die fast sinusförmige Oberwelle, diese besser und genauer auf Grund einer Wechselstromrechnung aus:

$$x \text{ in } \% \approx \frac{I_g}{U_g} \; \frac{w_0 \dfrac{R}{R_{Gl}} \cdot 10^6}{\omega C}\,, \tag{3}$$

worin U_g die Gleichspannung in Volt, I_g den Gleichstrom in Ampere, ω die Kreisfrequenz der Oberwelle, w_0 die

natürliche Welligkeit in % der Gleichstromwerte, R/R_{Gl} das Verhältnis der ohmschen Widerstände der Belastung und des Gleichrichters und C die Kapazität in Mikrofarad bedeuten.

Treten in den Stromkreisen keine schroffen Belastungsänderungen auf, so ist die Anordnung von Glättungsdrosseln mit dahinterliegendem Kondensator die gegebene und der Berechnung sehr einfach zugängliche Lösung. Man nimmt ohne Berücksichtigung der ohmschen Widerstände an, daß sich die natürliche Oberwelle des Gleichrichters nach dem Wechselstromwiderstand von Drosselspule und Kondensator aufteilt und daß die vom Gleichrichter gelieferte Oberwelle eine reine Sinuskurve ist. Für das Verhältnis der Oberwellenspannung zum Gleichspannungsmittelwert ergibt sich die Beziehung

Abb. 2. Ladekennlinie eines Selengleichrichters mit Glättungsdrossel für geringen Spannungsabfall.

$$\frac{U_{\sim}}{U_{-}} = \frac{w_0}{100 \left(\frac{\omega^2 L C}{10^6} - 1\right)} \approx \frac{10^6}{\omega^2 L C} \cdot \frac{w_0}{100}. \quad (4)$$

Hierin bedeuten: $U_{\sim}$ die effektive Oberwellenspannung, U_{-} der Gleichspannungsmittelwert, L die Induktivität in Henry, C die Kapazität in Mikrofarad, ω die Kreisfrequenz (bei 50 Hz und Einphasen-Doppelweggleichrichtung 628, bei Sechsphasen-Doppelweggleichrichtung 1884)

Abb. 3. Induktivität in Henry von Glättungsdrosseln mit verschiedenen Eisenquerschnitten bei verschiedenen Kupferdrahtdurchmessern für $\Delta i = 1$ A/mm² und 25 % Oberwelle.

und w_0 die natürliche Welligkeit in %, bei Einphasen-Doppelweggleichrichtung 47 %, bei Sechsphasen-Doppelweggleichrichtung 4 %. Da es sich bei der Oberwelle bei der Einphasen-Doppelweggleichrichtung jedoch um keine Sinuskurve handelt, so muß man nach Messungen, um richtige Werte zu bekommen, für w_0 statt einer natürlichen Oberwelligkeit von 47 % etwa 60 % einsetzen.

Eine Glättung des Gleichstromes ist bei Kleingleichrichtern in der Hauptsache für die Stromversorgung von Fernsprechbatterien, für die Anoden- und Heizspannung von Verstärkerröhren, ferner für Fernschreiber notwendig. Es wird die Bedingung aufgestellt, daß an den Gleichspannungsklemmen bei Fernsprechbatterien weniger als 5 mV herrschen, wozu eine Glättung des Ladestromes auf eine Oberwelle von 25 %, wenn man die Ladeleitungen und Entladeleitungen vollkommen getrennt unmittelbar an die Batterieklemmen führt, genügt. Bei der unmittelbaren Speisung von Tonlampen und bei Röhrenheizung genügt 1 %, da der Heizfaden meist eine ausreichende Wärmeträgheit besitzt.

Abb. 4. Wie Abb. 3, jedoch für $\Delta i = 2$ A/mm² und 25 % Oberwelle.

Aus preislichen Gründen werden Kleingleichrichter für Doppelweggleichrichtung vielfach ohne jede Glättungseinrichtung verwendet, da insbesondere bei Batterieladung der Gleichstrom im Verbraucherkreis durch die Batterien selber genügend oberwellenfrei gehalten wird. Es ist nicht bekannt, ob durch die stoßweise Batterieladung[1]) die Akkumulatoren Schaden nehmen. Vielfach wird behauptet, daß die Lebensdauer hierdurch verkürzt wird. Aus diesen Gründen werden vom Verbraucherkreise oft Glättungsdrosseln verlangt, ohne daß nähere Angaben über die Größe der Oberwelle bekanntgegeben werden. Bei näherer Betrachtung solcher Kleingleichrichter findet man manchmal, daß die eingebauten Glättungsdrosseln so klein sind, daß sie nicht einmal für einen lückenlosen Gleichstrom ausreichen. Solche Glättungsdrosseln haben natürlich überhaupt keinen Wert, und man sollte deshalb für solche Gleichrichter mindestens die Forderung aufstellen, daß die Oberwelle des Ladestroms auf etwa 10 bis 25 % herabgemindert wird. Hierfür sind schon recht erheblich große Glättungsdrosseln erforderlich, deren äußere Abmessungen in der Größenordnung des verwendeten Transformators liegen.

Wird insbesondere bei Batterieladung ein starker Abfall des Ladestroms mit Anstieg der Zellenspannung oder bei Widerstandsbelastung eine möglichst konstante Spannungskurve gefordert, so muß man den ohmschen Widerstand der Glättungsdrossel durch eine weitere erhebliche

[1]) Karl Maier, Zur handbedienten Dauerladung von Batterien mittels Gleichrichter, ETZ 59 (1938) S. 938.

Vergrößerung dieser bis auf etwa 2 % herabmindern, während man üblicherweise bis 10 % zulassen kann.

Für die Aufrechterhaltung des Mittelwertes bei kleinen Belastungen ist zur Vermeidung eines Spannungsanstieges eine gewisse Mindestgröße der Induktivität erforderlich. Es empfiehlt sich daher normale Transformatorenbleche einseitig zu schachteln, wodurch die Induktivität bei kleinen Belastungen stark ansteigt. Im Gegensatz zur Glättungsdrossel mit Luftspalt vermindert sich die Induktivität bei großen Belastungen hierdurch ebenfalls stark, was man bei der Bemessung derselben gegebenenfalls berücksichtigen muß. Diese Ausführungen gelten für Einphasen-Doppelweggleichrichtung. Bei Drehstrom-, insbesondere Sechsphasen-Schaltungen, braucht man hierauf keine Rücksicht zu nehmen.

Abb. 5. Wie Abb. 3, jedoch für $\Delta i = 2$ A/mm² und 5 % Oberwelle.

In Abb. 1 ist eine solche Spannungskurve für einen Selengleichrichter dargestellt, bei dem hinter der Drosselspule noch ein Kondensator liegt. Man sieht, daß der Knick in der Spannungskurve infolge dieser Maßnahme bei 1 bis 5 % des Vollastwertes liegt, während er mit Luftspalt viel weiter nach rechts rücken würde. Im Leerlauf ladet sich der Kondensator auf den Spitzenwert der gleichgerichteten Wechselspannung auf, wovon der Spannungsanstieg bei kleinen Belastungen herrührt. Die gezeigte Spannungskurve eignet sich auch vorzüglich für die Pufferung von Batterien, die vor Überladungen selbsttätig geschützt werden sollen. Es läßt sich ohne Schwierigkeiten eine Regelung innerhalb der Grenzen von 2 bis 2,25 V je Zelle erreichen, wobei der Ladestrom in vollgeladenem Zustand auf den Konservierungsstrom der Batterie zurückgeht. Diese auf Batterieverhältnisse bezogene Charakteristik zeigt Abb. 2.

Die Errechnung der Selbstinduktivität von Glättungsdrosseln bietet sehr große Schwierigkeiten, da die Induktivität nicht nur im starken Maße von der Sättigung, sondern auch von dem Oberwellenanteil des geglätteten Gleichstromes abhängig ist. Man kann wohl aus der Beziehung

$$L = \frac{1{,}26 \cdot n^2 Q_e \mu}{l_e \cdot 10^8}, \qquad (5)$$

worin Q_e den Eisenquerschnitt, l_e den Eisenweg, n die Windungszahl und μ die Permeabilität bedeuten, die Selbstinduktivität größenordnungsmäßig bestimmen, wenn man für die Permeabilität einen mittleren Wert, worin schon ein Luftspalt berücksichtigt ist, einsetzt. Auch kann man mittels eines graphischen Verfahrens[2]) aus der Magnetisierungskurve die Induktivität sogar hinreichend genau bestimmen. Hierzu ist jedoch indessen die Kenntnis der Größe der erzielten Oberwelligkeit, die sich jedoch erst wieder aus der Induktivität ergibt, notwendig. Die Ermittlung ist also auch hier umständlich und kommt deshalb für Kleingleichrichter kaum in Frage. Für solche Gleichrichter bestimmt man zweckmäßiger die Induktivität durch Messungen an ausgeführten Drosseln.

Um zu einfachen Beziehungen zu kommen, bestimmt man für die verschiedenen Glättungsdrosselspulen die Induktivität bei gleicher Sättigung und bei gleicher restlicher Oberwelle. Die Induktivität ist alsdann nur im umgekehrten Verhältnis von der vierten Potenz des Drahtdurchmessers[3]) abhängig, wie aus Gl. (5) durch Umrechnung hervorgeht. Auch die ohmschen Widerstände sind ebenfalls im umgekehrten Verhältnis von der 4ten Potenz des Drahtdurchmessers abhängig. Richtet man sich deshalb eine Skala ein, bei welcher der Maßstab im Verhältnis $1/\sqrt[4]{L}$ gewählt wird, so werden die Kurven geradlinig. Dies ermöglicht mittels einer einzigen Messung für jede Type die gesamte Kurvenschar aller Größen festzulegen. Wenn auch infolge verschiedener Wickelfaktoren sich hier Unterschiede ergeben, so genügt dieses Verfahren dennoch, da die Genauigkeit der Bestimmung der Induktivität auf anderem Wege auch nicht größer wäre. In den Abb. 3 bis 6 sind nun für die Induktivität und für den ohmschen Widerstand derartige Kurven dargestellt, bei welchen der verwendete Eisenquerschnitt unmittelbar an

Abb. 6. Ohmscher Widerstand für die gleichen Drosselspulen.

---

[2]) Jungmichl u. Eichhacker, Siemens-Z. 9 (1929) S. 43.

[3]) Da nämlich $n = \frac{Q_F f_\kappa}{Q_{Cu}} = \frac{Q_F f_\kappa}{d^2 \frac{\pi}{4}}$ ist, so wird

$$L = \left[\frac{1{,}26 \cdot f_\kappa^2 \mu \cdot 10^{-8}}{\left(\frac{\pi}{4}\right)^2} \cdot \frac{Q_F^2 \cdot Q_e}{l_e}\right] \cdot \frac{1}{d^4} \quad \text{und}$$

$$R = \frac{1}{57} \cdot \frac{l_m n}{Q_{Cu}} = \frac{1}{57} \cdot \frac{l_m Q_F f_\kappa}{Q_{Cu}^2} = \left[\frac{1}{57} \cdot f_\kappa \cdot \frac{1}{\left(\frac{\pi}{4}\right)^2} \cdot Q_F\, l_m\right] \cdot \frac{1}{d^4}.$$

der Kurve eingetragen ist. Die Abb. 3 bezieht sich auf eine Stromdichte von 1 A/mm², die Abb. 4 auf eine Stromdichte von 2 A/mm², beide für eine Oberwelle von 25 %. Die Abb. 5 zeigt noch die Induktivität für eine Oberwelle von 5 % bei einer Stromdichte von 2 A/mm², die Abb. 6 enthält die ohmschen Widerstände.

Für die Bestimmung einer Glättungsdrossel errechnet man sich nunmehr zunächst die erforderliche Selbstinduktivität aus der Beziehung

$$L = \frac{U_\sim}{I_\sim \omega} \tag{6}$$

mittels des gegebenen Oberwellenstromes $I_\sim$ und der natürlichen Oberwellenspannung $U_\sim$ aus, ohne die ohmschen Widerstände des Kreises, da diese keine allzu großen Abweichungen ergeben und insbesondere bei Batterieladung vernachlässigbar klein sind, zu berücksichtigen. Mittels der einzelnen Kurven kann sehr schnell die notwendige Drosselgröße festgestellt werden. Als Stromdichte und als Oberwellenanteil nimmt man das Kurvenblatt, welches den gegebenen Werten am nächsten liegt. Je nach den Anforderungen, die an die Spannungskonstanz des Gleichrichters gestellt werden, bestimmt man den ohmschen Spannungsabfall der Glättungsdrosseln und prüft mittels der Kurve für die ohmschen Widerstände nach, ob die gestellten Bedingungen erfüllt werden. Gegebenenfalls muß man eine der größeren Typen wählen.

Dr_1, Dr_2 Drosseln
A_1 Weicheisenstrommesser
A_2 Drehspulstrommesser
W Stromwandler

Abb. 7. Messung der Oberwelle eines Gleichrichters.

Die Messung der Oberwelle von Gleichrichtern läßt sich bei Widerstandsbelastung mittels eines Ventilvoltmeters mit vorgeschaltetem Abriegelungskondensator für den Gleichstrom bis zu Oberwellenspannungen auf 1 V herab leicht bestimmen. Weicheiseninstrumente sind hierfür schlecht brauchbar, weil sie häufig mit den Kondensatoren Resonanz ergeben und somit falsche Werte anzeigen. Unter 1 V Oberwellenspannung muß man mit dem Röhrenvoltmeter arbeiten. Die Bestimmung des Oberwellenstromes, der durch die Glättungsdrossel fließt (eine Bestimmung, die bei Batterieladung z. B. unumgänglich notwendig ist oder die auch für die Bestimmung der Selbstinduktivität durchgeführt werden muß), bietet beträchtliche Schwierigkeiten[4]). Eine recht brauchbare Schaltung zeigt Abb. 7. Der vom Gleichrichter gelieferte Gleichstrom I_g fließt durch die Glättungsdrossel Dr_1 zu der Verbraucherklemme. In dem Stromkreis ist der Stromwandler w eingeschaltet, der nur die Oberwelle des Gleichstromes auf den Weicheisenstrommesser A_1 überträgt. Da der Stromwandler durch die Gleichstromkomponente des Gleichrichterstromes, welche der Drehspulstrommesser A_2 anzeigt, stark gesättigt wird, muß diese durch einen Gegenstrom aus der kleinen Batterie B aufgehoben werden. Man verändert den Gegenstrom mit dem Widerstand R so lange, bis das Instrument A_1 einen Maximalwert anzeigt; alsdann heben sich die Gleichstromkomponenten auf und der Stromwandler ergibt richtige Meßwerte. Um den Wechselstrom aus dem Gegenstromkreis fernzuhalten, ist noch eine Drossel Dr_2 notwendig.

[4]) H. Teuchert, ETZ 53 (1932) S. 103.

Die Wechselspannung, welche an der Drossel Dr_1 liegt, kann in den meisten Fällen unmittelbar mit einem Weicheisenspannungsmesser gemessen werden, da der ohmsche Spannungsabfall vernachlässigbar klein ist. Aus dem Verhältnis der an der Drossel gemessenen Wechselspannung und dem gemessenen Oberwellenstrom kann nun die Induktivität für eine bestimmte Stromdichte errechnet werden. Auf diese Weise sind die in den Abb. 3 bis 6 gezeigten Kurven ermittelt worden.

Zahlentafel 1. Vergleich zwischen doppelter und einfacher Siebkette.

$\frac{\omega^2 \cdot L \cdot C}{10^6}$	$\frac{1}{\left(\frac{\omega^2 \cdot L \cdot C}{10^6} - 1\right)^2}$	$\frac{1}{\left(4 \cdot \frac{\omega^2 \cdot L \cdot C}{10^6} - 1\right)}$
1	∞	1/3
2	1	1/7
5	1/16	1/19
10	1/81	1/39
100	$1 \cdot 10^{-4}$	$25 \cdot 10^{-4}$
1000	$1 \cdot 10^{-6}$	$250 \cdot 10^{-6}$

Die Verwendung von doppelten Siebketten mit gleichen Einzelteilen (Drossel-Kondensator-Drossel-Kondensator) scheint wegen der quadratischen Wirksamkeit einen erheblichen Anreiz zu bieten. Für das Verhältnis der Oberwellenspannung zum Gleichspannungsmittelwert folgt:

$$\frac{U_\sim}{U_-} = \frac{\omega_0}{100\left(\frac{\omega^2 L C}{10^6} - 1\right)^2}, \tag{7}$$

wobei die einzelnen Größen die gleiche Bedeutung wie in Gl. (4) haben. Betrachtet man nämlich die Wirksamkeit der doppelten und der einfacheren Siebkette bei dem gleichen Gesamtaufwand, wozu man nur den mittleren Kondensator an das Ende der beiden Drosseln schalten muß, wie in Zahlentafel 1 geschehen, so zeigt sich, daß $\frac{\omega^2 L C}{10^6} \geqq 10$ sein muß, um eine größere Wirksamkeit der doppelten Siebkette zu erzielen. Es ist auch zu beachten, daß infolge der kleineren Wechselspannungskomponente in der zweiten Drossel die Induktivität erheblich zurückgeht, was in der Zahlentafel 1 noch nicht berücksichtigt ist.

Zusammenfassung.

Während die Größe von Glättungskondensatoren rechnerisch einfach bestimmt werden kann, bereitet die Ermittlung der Glättungsdrosseln wegen der starken Abhängigkeit der Induktivität von der Gleichstromkomponente erhebliche Schwierigkeiten. Bei gleicher Stromdichte bzw. Amperewindungszahl und bei gleicher Oberwelle ist die Induktivität umgekehrt von der vierten Potenz des Drahtdurchmessers abhängig. Für die wichtigsten Bedarfsfälle werden gemessene Kurven der Induktivität in Abhängigkeit vom Drahtdurchmesser angegeben und ein Verfahren zur Messung der Oberwelle mittels Stromwandlers zur Ausschaltung der Gleichstromkomponente genannt.

Verfahren zur Berechnung des Dauerkurzschlußstromes.

Von Martin Gerlach VDE, Magdeburg.

DK 621.316.11.014.3.001.24

Übersicht. Ausgehend von dem graphischen Verfahren zur Ermittlung der Dauerkurzschlußströme aus den R.E.H. 1929 wird ein Verfahren zur rechnerischen Bestimmung derselben entwickelt. An zwei Beispielen werden die Vorteile des beschriebenen Verfahrens gegenüber dem R.E.H.-Berechnungsverfahren gezeigt.

Während in den R.E.H. 1937 ein sehr einfaches Verfahren zur Berechnung der für die Schalterbemessung maßgebenden Ausschaltströme bei $^1/_4$ und $^1/_{10}$ s nach Eintritt des Kurzschlusses angegeben ist, wird im Gegensatz zu den R.E.H. 1929 auf ein solches zur Ermittlung der Dauerkurzschlußströme verzichtet. Für viele Zwecke, beispielsweise zur richtigen Bemessung von Kabeln und Stromwandlern, wo auf die im Kurzschlußfalle zu erwartende Erwärmung Rücksicht genommen werden muß, ist die Kenntnis des Dauerkurzschlußstromes notwendig. Daher wird auch heute noch vielfach auf das R.E.H.-Berechnungsverfahren von 1929 zurückgegriffen, obgleich es verhältnismäßig umständlich ist, besonders dann, wenn es sich um mehrfach gespeiste Kurzschlüsse handelt. Wesentlich bequemer ist die Bestimmung des Dauerkurzschlußstromes aus dem Stoßkurzschluß-Wechselstrom mittels der von G. Hameister angegebenen Kurven[1]). Die vorliegende Arbeit soll sich nun ebenfalls mit einem einfachen Verfahren zur Berechnung des Dauerkurzschlußstromes befassen; dabei können alle Maschinenfestwerte und -eigenschaften wie Kennlinie, Kurzschlußverhältnis, Gesamtstreuspannung und Erregungszustand, die mitbestimmend für seine Größe sind, berücksichtigt werden, was im allgemeinen bei einer Ermittlung aus dem Stoßkurzschluß-Wechselstrom nicht möglich ist.

Graphische Verfahren.

Das Verfahren zur Bestimmung der Dauerkurzschlußströme in Drehstromanlagen aus den R.E.H. 1929 ist in Abb. 1 für den Fall des dreipoligen Kurzschlusses dargestellt. Das vorgeschlagene Berechnungsverfahren soll an Hand dieses Verfahrens entwickelt werden. Es läßt sich aber auch ohne weiteres zur Ermittlung des zweipoligen Dauerkurzschlußstromes verwenden, wenn wir von dem graphischen Verfahren zur Berechnung von zweipoligen Kurzschlüssen ausgehen. Die Wirkwiderstände in der Kurzschlußbahn wollen wir nicht mitberücksichtigen, da sie in den meisten Fällen gegenüber den für den Dauerkurzschlußstrom maßgebenden Blindwiderständen keine Rolle spielen.

Mit Hilfe der Leerlaufkennlinie und des eingezeichneten Potierschen Dreiecks ABC, das sich aus den bekannten Festwerten der betreffenden Maschine, nämlich dem Kurzschlußverhältnis I_k/I_n (I_k Dauerkurzschlußstrom bei Leerlauferregung, I_n Nennstrom) und der relativen Gesamtstreuspannung ε_s bestimmt, lassen sich nach Abb. 1 die Dauerkurzschlußströme sowohl für Klemmenkurzschluß (I_{k_1}) als auch für solche über Netzwiderstände (I_{k_2}) bei jeder beliebigen Erregung (in Abb. 1 für beide Fälle $v = 2{,}5$) ermitteln. Der Strommaßstab wird bestimmt durch die Strecke AB, die den Nennstrom der Maschine darstellt. Wir erhalten durch dieses Verfahren auch gleichzeitig den Arbeitspunkt auf der Kennlinie; bei dem Klemmenkurzschluß ist es in Abb. 1 der Punkt D, bei dem über einen Netzwiderstand X_n von dem Doppelten des Maschinen-Streublindwiderstandes X_s, oder nach der Ausdrucksweise der R.E.H. 1929 einer numerischen Kurzschlußentfernung $a = (X_s + X_n)/X_s = 3$, ist es der Punkt F. Legen wir an die Leerlaufkennlinie in der Weise, wie es in Abb. 1 dargestellt ist, die drei Tangenten E_{f_0}, E_{f_1} und E_{f_2}, so erkennen wir, daß der Fehler bei dem graphischen Verfahren nicht groß sein wird, wenn wir statt der Kennlinie selbst jeweils die für den betreffenden Arbeitspunkt am besten passende Tangente benutzen. Verwenden wir eine falsche Tangente, beispielsweise in Abb. 1, für den Fall des Netzkurzschlusses statt E_{f_1}, die praktisch mit der Kennlinie im Punkte F zusammenfällt, E_{f_0} oder E_{f_2}, so erhalten wir die Arbeitspunkte F' bzw. F'' und damit die Kurzschlußströme I'_{k_2} bzw. I''_{k_2}, von denen der erste um etwa 6 %, der zweite ungefähr um 14 % größer ist als der wahre Wert I_{k_2}. Wir sehen daraus, daß eine nicht passende Tangente immer einen zu großen Wert ergibt. Mit diesen an die Leerlaufkennlinie gelegten Tangenten können wir nun in einfacher Weise rechnen und das graphische Verfahren in ein rechnerisches überführen.

Abb. 1. Graphische Bestimmung des dreipoligen Dauerkurzschlußstromes.

Das rechnerische Verfahren.

Betrachten wir zunächst einmal Kurzschlüsse, bei denen der Arbeitspunkt am Anfang der Kennlinie liegt, d. h. in erster Linie Klemmenkurzschlüsse. Die Kennlinie denken wir uns ersetzt durch die Anfangstangente E_{f_0}, die im unteren Teil praktisch überhaupt mit der Kennlinie zusammenfällt. Um den Dauerkurzschluß rechnerisch zu ermitteln, müssen wir den Widerstand der Maschine bestimmen. Dazu ist uns die relative Gesamtstreuspannung ε_s und das Kurzschlußverhältnis I_k/I_n gegeben, und damit ist uns der Dauerkurzschlußstrom bei Leerlauferregung ($v = 1$) bekannt. Bei dieser Erregung erhalten wir in Abb. 2 auf der Tangente E_{f_0}, durch die wir die Kennlinie ersetzt haben und die die fiktive EMK des Generators, d. h. die Leerlaufspannung einer ungesättigten Maschine darstellt, den Wert $E_{f_0 n}$. Für den Generator mit der Kennlinie E_{f_0} ergibt sich dann der gesamte Blindwiderstand X_{m_0}, der sich bekanntlich aus dem Streublindwiderstand X_s und dem Ankerblindwiderstand X_a zusammensetzt, aus:

$$X_{m_0} = X_{a_0} + X_s = \frac{E_{f_0 n}}{I_k/I_n} \cdot \frac{1}{I_n}$$

[1]) G. Hameister, ETZ 56 (1935) S. 671.

oder wenn wir setzen: $E_{f_0 n}/U_n = \xi$ (U_n Nennspannung)

$$X_{m_0} = \frac{\xi}{I_k/I_n} \frac{U_n}{I_n}$$

und für X_{a_0} allein:

$$X_{a_0} = \left(\frac{\xi}{I_k/I_n} - \varepsilon_s\right) \frac{U_n}{I_n} .$$

Dabei ist für U_n und E_f die Sternspannung einzusetzen; den Widerstand erhalten wir dann in Ohm/Pol. Im Gegensatz zu dem Berechnungsverfahren nach R.E.H. 1929 wird hier das X_{a_0} um den Faktor ξ größer als dort das X_a. Dies ist dadurch begründet, daß wir die Kennlinie durch die Anfangstangente ersetzt haben, während bei R.E.H. 1929 dafür eine Gerade durch den Nullpunkt und den Punkt U_n bei $v = 1$ gewählt ist.

Abb. 2. Ableitung des rechnerischen Verfahrens. Fiktive EMK eines Generators mit Normalkennlinie.

Mit dem nach obigen Gleichungen ermittelten Widerstand ist bei allen Kurzschlüssen zu rechnen, bei denen der Arbeitspunkt am Anfang der Kennlinie liegt. Dementsprechend ist für die jeweils gegebene bzw. zu berechnende Erregung die fiktive EMK auf der Tangente E_{f_0} abzulesen. Bei dem Beispiel in Abb. 2 entspricht dem relativen Erregerstrom $v = 1{,}5$ gerade der Kehrwert des Kurzschlußverhältnisses; bei Klemmenkurzschluß ergibt sich deshalb der Nennstrom als Kurzschlußstrom und eine fiktive EMK $E_{f_0} = 1{,}87 \cdot U_n$, bei $v = 2{,}5$ ein $E_{f_0} = 3{,}13 \cdot U_n$. Ist außer dem Maschinenwiderstand noch ein geringer Netzwiderstand vorhanden, der kleiner ist als X_s, so wird der Arbeitspunkt ebenfalls noch im Bereich der Anfangstangente E_{f_0} liegen, und wir können mit der auf ihr abgelesenen EMK und dem gleichen Maschinenwiderstand wie bei Klemmenkurzschluß vermehrt um den zusätzlichen Netzwiderstand rechnen.

Bei Kurzschlüssen, bei denen außer dem Generatorwiderstand noch Netzwiderstände vom Mehrfachen des Streublindwiderstandes in der Kurzschlußbahn liegen, müssen wir die Kennlinie durch eine andere Tangente, beispielsweise für den in Abb. 2 dargestellten Fall eines Netzkurzschlusses durch E_{f_1}, ersetzen, die uns jetzt die fiktive EMK angibt. Während X_s immer gleich bleibt, ist X_a, wie aus Abb. 2 ersichtlich, proportional der Neigung der Tangenten, d. h. proportional dem Tangens des Winkels α. Wir erhalten daher das X_a für eine beliebige Tangente E_f aus:

$$X_a = X_{a_0} \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_0} .$$

Bei der Anwendung des entwickelten Verfahrens zum praktischen Rechnen ist wie folgt vorzugehen. Wir legen an die gegebene Leerlaufkennlinie die Anfangstangente und darauf noch zwei weitere in der Weise, daß die drei Tangenten den gesamten Verlauf der Kennlinie möglichst gut umhüllen. Befinden sich in einem Werk Maschinen mit verschiedenen Kennlinien, so kann aus diesen eine Ersatzkennlinie konstruiert werden[2]; im allgemeinen weichen die einzelnen aber so wenig voneinander ab, daß darauf verzichtet werden kann. Sind keine Kennlinien bekannt, so kann die in den R.E.H. 1929 angegebene Normalkennlinie zugrunde gelegt werden, die in Abb. 1 und 2 dargestellt ist. Damit bekommen wir bei den dort gewählten Tangenten von $\operatorname{tg} \alpha_0 = 1{,}25$; $\operatorname{tg} \alpha_1 = 0{,}7$; $\operatorname{tg} \alpha_2 = 0{,}2$:

$$X_{a_0} = \left(\frac{1{,}25}{I_k/I_n} - \varepsilon_s\right) \frac{U_n}{I_n} ,$$

$$X_{a_1} = 0{,}56 \cdot X_{a_0} ,$$

$$X_{a_2} = 0{,}16 \cdot X_{a_0} .$$

Nachdem sämtliche Widerstände der Kurzschlußbahn berechnet sind, schätzen wir den Arbeitspunkt auf der Kennlinie für die betreffende Kurzschlußstelle und setzen dementsprechend das X_a ein. Danach bestimmen wir auf der zu dem eingesetzten X_a gehörigen Tangente E_f für die gegebene Erregung die fiktive EMK. Widerstand und EMK sind jetzt bekannt, und der Dauerkurzschlußstrom kann nun berechnet werden. Sind wir nicht sicher, ob die gewählte Tangente die richtige war, so wiederholen wir die Berechnung mit einer anderen. Wie oben bereits auseinandergesetzt, ist der kleinere Wert von beiden der genauere.

Bei der Berechnung von Kurzschlüssen in mehrfach gespeisten Netzen mit oder ohne Vermaschung ist genau so zu verfahren wie bei den einfach gespeisten. Es ist dann möglich, daß für die fiktive EMK der einzelnen Kraftwerke verschiedene Werte eingesetzt werden müssen. Eine solche Aufgabe kann man nach dem beschriebenen Verfahren sehr einfach mittels eines Netzmodells lösen, bei dem die Einstellung verschiedener Spannungen an den Speisepunkten keine Schwierigkeiten macht. Meist werden wir jedoch auskommen, wenn wir für alle im Netz befindlichen Generatoren mit der gleichen Leerlaufkennlinie und der gleichen Tangente rechnen und dann gegebenenfalls noch eine Kontrolle mit einer anderen gemeinsamen Tangente vornehmen, wie es auch im ersten Beispiel gezeigt wird. Verschiedene Erregungszustände der einzelnen Maschinen würden auch wieder verschiedene Werte für die fiktive EMK zur Folge haben. Im allgemeinen weichen aber die bei Kurzschlußberechnungen zugrunde zu legenden relativen Erregerströme nur wenig voneinander ab, so daß für alle Generatoren ein mittlerer Wert angenommen werden kann.

In einem zweiten Beispiel werden wir jedoch den Dauerkurzschlußstrom bei Vermaschung und ungleicher fiktiver EMK der Werke berechnen.

[2]) J. Reznicek, Rev. gén. Électr. 43 (1938) S. 579.

Erstes Beispiel.

Gegeben: Schaltbild eines Freileitungsnetzes nach Abb. 3; relative Erregung der Generatoren $v = 2{,}7$: Leerlaufkennlinien nach Abb. 2.

Gesucht: Dreipoliger Dauerkurzschlußstrom an der Stelle K.

Abb. 3. Netzschaltbild für Beispiel 1.

Wir berechnen uns zunächst die einzelnen Widerstände, bezogen auf die Spannung $U = 112$ kV, und tragen sie in ein Ersatzschaltbild ein (Abb. 4).

Abb. 4. Ersatzschaltbild für Beispiel 1.

Den Arbeitspunkt auf der Kennlinie nehmen wir nach roher Schätzung zunächst als im Bereich der Tangente E_{f_1} liegend an und rechnen daher mit X_{a_1}. Wir fassen die einzelnen Widerstände zu dem resultierenden Widerstand X_{res} zusammen und erhalten:

$$X_{res} = \frac{(121{,}2+37{,}6+31{,}2+36)\ (111+34{,}8+25{,}2)}{121{,}2+37{,}6+31{,}2+36+111+34{,}8+25{,}2} + 21 = 140\ \Omega.$$

Bei der Erregung $v = 2{,}7$ erhalten wir auf der Tangente E_{f_1} die fiktive EMK $2{,}2 \cdot U_n$ und daraus als Dauerkurzschlußstrom:

$$I_d^{(3)} = \frac{2{,}2 \cdot \frac{112\,000}{\sqrt{3}}}{140} = 1200\ \text{A}.$$

Sicherheitshalber wiederholen wir die Berechnung mit X_{a_2}, wobei dann die fiktive EMK auf der Tangente E_{f_2} abzulesen ist und erhalten:

$$I_d^{(3)} = \frac{1{,}48 \frac{112\,000}{\sqrt{3}}}{76{,}3} = 1260\ \text{A}.$$

Der zuletzt berechnete Wert ist höher, also ist der erste der genauere. Mit dem Berechnungsverfahren nach R.E.H. 1929 erhalten wir für obiges Beispiel den Wert $I_d^{(3)} = 1195$ A.

Wir sehen, daß bei richtiger Wahl der Tangente das entwickelte Berechnungsverfahren sehr genaue Ergebnisse liefert. Aber selbst bei der Benutzung einer falschen Tangente ist, wie obiges Beispiel zeigt, der Fehler gering (hier etwa 5 %), so daß er bei der praktischen Rechnung kaum störend sein dürfte.

Zweites Beispiel.

Gegeben: Schaltbild eines Freileitungsnetzes nach Abb. 5; größtmögliche relative Erregung bei Kurzschluß für die Generatoren des Kraftwerkes I $v = 2{,}5$, für die des Kraftwerkes II $v = 3{,}5$; Leerlaufkennlinien nach Abb. 2.

Gesucht: Dreipoliger Dauerkurzschlußstrom bei Kurzschluß auf der 100 kV-Schiene des Umspannwerkes I.

Abb. 5. Netzschaltbild für Beispiel 2.

Abb. 6. Ersatzschaltbild für Beispiel 2.

Abb. 6 zeigt das Ersatzschaltbild vom Netz nach Abb. 5. Die 100 kV-Sammelschienen der beiden Kraftwerke und der Umspannwerke I und II wollen wir mit den Buch-

staben A bis D bezeichnen. Um den Kurzschlußstrom berechnen zu können, müssen wir das Netz rechnerisch etwas umformen. Zunächst verwandeln wir den Stern A–B–C–D in ein Dreieck ABC. Die durch die Umformung neu entstandenen Widerstände zwischen AB und AC fassen wir mit den zwischen diesen Punkten bereits vorhandenen zusammen und bekommen für das ganze Netz ein aus drei Widerständen gebildetes Dreieck ABC. Dieses verwandeln wir nun wieder in einen Stern und erhalten das in Abb. 7 dargestellte Ersatzschaltbild.

Abb. 7. Ersatzschaltbild für Beispiel 2 nach Umformung.

Durch Vergleich der Netzwiderstände einschließlich der der Umspanner mit den Streublindwiderständen der Generatoren erkennen wir, daß der Arbeitspunkt auf der Kennlinie bei allen Generatoren im Bereich der mittleren Tangente E_{f_1} liegen wird und infolgedessen mit X_{a_1} zu rechnen ist. Als Summe der Widerstände von den Maschinen des Kraftwerkes I bis zum Sternpunkt D erhalten wir:

$$121{,}2 + 37{,}6 + 31{,}2 + 14{,}8 = 204{,}8\,\Omega$$

und für den anderen Zweig:

$$111{,}0 + 34{,}8 + 25{,}2 + 8{,}8 = 179{,}8\,\Omega.$$

Die Widerstände der beiden Zweige können wir hier nicht zusammenfassen, da die fiktive EMK der beiden Kraftwerke wegen der ungleichen Erregungszustände verschieden ist. Aus Abb. 2 ergibt sich für Kraftwerk I:

$$E_{f_1} = 2{,}05 \cdot U_n = \frac{2{,}05 \cdot 112\,000}{\sqrt{3}} = 132\,800\ \text{V}$$

und für Kraftwerk II:

$$E_{f_1} = 2{,}75 \cdot U_n = \frac{2{,}75 \cdot 112\,000}{\sqrt{3}} = 178\,000\ \text{V}.$$

Zur Berechnung der Teilströme $I_{d_I}^{(3)}$ und $I_{d_{II}}^{(3)}$ können wir nun die beiden Spannungsgleichungen aufstellen:

$$132\,800 - I_{d_I}^{(3)} \cdot 204{,}8 = 178\,000 - I_{d_{II}}^{(3)} \cdot 179{,}8$$

$$\left(I_{d_I}^{(3)} + I_{d_{II}}^{(3)}\right) 15{,}5 = 132\,800 - I_{d_I}^{(3)} \cdot 204{,}8.$$

Hieraus ergibt sich:

$$I_{d_I}^{(3)} = 544\ \text{A}, \quad I_{d_{II}}^{(3)} = 871\ \text{A}, \quad I_d^{(3)} = 1415\ \text{A}.$$

Selbsttätige Verkehrsregelung.

DK 621.398 : 656.05

Zur Durchführung von Verkehrszählungen auf einer Versuchsstrecke in Harmondsworth in Middlesex, die sich über einen längeren Zeitraum erstrecken sollten, wurde eine selbsttätige Zähleinrichtung verwendet, deren Konstruktion sich an die der Geräte im Fernsprech- und Verkehrssignalbetrieb anlehnt[1]). Es wird damit die Anzahl der Fahrzeugachsen gezählt, die die Straße Colnbrook-By-pass befahren, und zwar für die Ost- und Westrichtung getrennt. Als Kontaktgeber zur Steuerung der Zähleinrichtung werden pneumatische Bodenschwellen benutzt. Um eine Fälschung der Meßergebnisse durch Fahrzeuge zu vermeiden, die beim Überholen die Bodenschwelle der Gegenrichtung befahren, sind für beide Verkehrsrichtungen gerichtete Bodenschwellen vorgesehen worden. Das Gerät ist in einem Gehäuse mit einer Glaswand eingebaut, so daß das Ablesen der Zählergebnisse leicht möglich ist. Auf einem Winkeleisenrahmen sind rechts und links je ein Meßsatz für die Ost- bzw. die Westrichtung untergebracht. Jeder dieser Sätze besteht aus 12 Einheiten, die sich aus einem Zähler, ähnlich den zu Gesprächszählungen verwendeten, einem Drehwähler und einem Relais für kurze Ansprechzeiten, zusammensetzen; für einen Zeitraum von zwei Stunden ist stets eine solche Einheit vorgesehen. In der Mitte ist eine Schaltuhr für 24-stündige Schaltzeit eingebaut, die alle zwei Stunden die Umschaltung auf die für diese Zeit vorgesehene Einheit vornimmt. Unterhalb dieser Schaltuhr befinden sich Hauptschalter, Transformator mit Gleichrichter als Stromquelle sowie ein Nullspannungsausschalter. Durch Betätigung der Bodenschwelle wird das schnell ansprechende Relais angeworfen, das sich über einen Kontakt des Wählers einen Haltestromkreis schließt. Sobald der Wähler weiterschaltet, wird der Haltekreis für das Relais aufgetrennt. Das Zwischenrelais ist vorgesehen worden, weil die Ansprechzeit des Wählers im Vergleich zur Kontaktdauer bei schnellfahrenden Fahrzeugen zu lang ist und infolge Nichtansprechens des Wählers falsche Meßergebnisse auftreten können. Der Wähler ist 25-teilig. Hat er seinen 25. Schritt erreicht, so wird der Zähler einen Schritt weitergeschaltet. Die Zwischenwerte von 1 bis 24 Impulsen können an der Zahlentrommel des Wählers abgelesen werden. Durch den Kontaktarm des Zeitschalters wird alle zwei Stunden sowohl für die Ost- als auch für die Westrichtung eine neue Einheit eingeschaltet, so daß an Hand des Standes der Zähler der Verlauf der Verkehrsdichte in den beiden Verkehrsrichtungen während der letzten 24 Std. festgestellt werden kann.

Vergleiche mit Zählungen durch Beamte haben ergeben, daß die Meßgenauigkeit der Einrichtung sehr hoch ist. Die aufgetretenen Differenzen, die zwischen 0% und 7% liegen, sind darauf zurückzuführen, daß einmal bei gleichzeitigem Überfahren der Bodenschwelle durch zwei Fahrzeuge nur ein Fahrzeug gezählt wird, zum anderen, daß beim Überholen von Fahrzeugen durch Befahren der Bodenschwelle der Gegenrichtung eine Zählung unterbleibt. Schließlich sind auch bei den Zählungen durch Verkehrsbeamte Irrtümer möglich. *P. Rr.*

[1]) G. Bird, Engineering 146 (1938) S. 613; 2 S., 8 Abb.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.311.21 : 525.6

Neue Projekte für Gezeiten-Kraftwerke. [Nach M. A. Defour, Rev. gén. Électr. 44 (1938) S. 463; 11 S., 13. Abb.]

Defour beschreibt zunächst eingehend die verschiedenen Kreislaufverfahren von Gezeiten-Kraftwerken, die bis heute bekannt geworden sind. Nachdem er die Vor- und Nachteile der Verwendung von zwei Becken mit verschiedenen Spiegel-

u.B. unteres Becken TW Wassergang zu Tal
m.B. mittleres „ BW „ „ Berg
o.B. oberes „

Abb. 1. Lage und Aufbau des Entwurfs eines Gezeiten-Kraftwerkes in der Mündung des Arguenon-Lancieux.

höhen erklärt hat, geht er zu einer Schilderung des neuesten Kreislaufverfahrens ohne Pumpenanlagen mit drei Becken über, das er mit Caquot zusammen entwickelt hat. Bei diesem Verfahren arbeitet das Gezeiten-Kraftwerk, wie Abb. 1 zeigt, durch Schützensteuerung etwa folgendermaßen:

Im Teil 1 des Spieles wird das Wasser vom oberen Becken in das untere so lange eingelassen, bis der Wasserspiegel in letzterem den des mittleren Beckens erreicht hat. Von diesem Augenblick an fließt es vom oberen Becken in das mittlere bis zu dem Zeitpunkt, wo sich der Spiegel des oberen Beckens mit dem der steigenden Flut deckt. Während des folgenden Abschnitts 3 strömt das Wasser vom Meer her durch die Turbinen in das mittlere Becken, solange das Gefälle eine Arbeitsleistung ermöglicht und geht zugleich ohne Arbeitsaufwand die Wasserauffüllung des oberen Beckens vonstatten (3). Im Zeitabschnitt 4 ergießt sich das Meereswasser infolge des Höhenunterschiedes nach dem unteren Becken. Am Ende dieses Abschnittes füllt sich das mittlere Becken ohne Arbeitsaufwand (4), bis sich sein Spiegel mit dem des Meeres wieder deckt. Sobald das Gefälle zwischen Meer und unterem Becken nicht mehr ausreichend ist, speist das obere Becken erforderlichenfalls das untere (Abschnitt 5), bis der Spiegel des ersteren sich mit dem des mittleren deckt. In diesem Augenblick (Abschnitt 6) wird das Wasser des mittleren Beckens nach dem unteren Becken gelassen, bis der Spiegel dieses Beckens sich mit dem des Meeres deckt. Schließlich strömt das Wasser des mittleren Beckens nach dem Meer (Abschnitt 7), so lange das bestehende Gefälle es möglich macht. Von diesem Zeitpunkt an ergießt sich schließlich das Wasser des oberen Beckens durch die Turbinen in das Meer (Abschnitt 8), und zwar so lange, als das Gefälle es gestattet. Das mittlere Becken entleert sich, falls noch notwendig (Abschnitt 8), ohne Arbeitsaufwand bis zur Höhe des Meeresspiegels. Der Kreislauf ist nun geschlossen und es kann das Spiel von neuem beginnen.

Der große Vorteil dieses reichlich verwickelt erscheinenden Verfahrens ist eine sehr weitgehende Ausnutzungsmöglichkeit der Flut- und Ebbewirkung und eine allen anderen bekannten Verfahren gegenüber wesentlich erhöhte Gleichmäßigkeit der Stromerzeugung und damit der Arbeitsabgabe. Zum Nachweis der größeren Wirtschaftlichkeit seines neuesten Projektes führt Defour den Begriff des „Ausnutzungsfaktors" ein, unter dem er den Quotienten aus der installierten Leistung und der mittleren täglichen Leistung versteht. In einer vergleichenden Tafel zeigt er, daß der Ausnutzungsfaktor seines Projektes von 1937 gegenüber dem ältesten Verfahren nach Belidor über das Sechsfache beträgt.

Für das an der Mündung des l'Arguenon vorgesehene Gezeiten-Kraftwerk (Abb. 2) errechnet Defour bei 61 500 PS Dauerleistung der Gezeiten und 8,40 m Tidenunterschied rd. 395 Mill kWh. Genauere Angaben über die Kosten des Kraftwerkes sind in dem Aufsatz nicht enthalten, doch erwähnt Defour, daß er den Bau als Notstandsarbeit durchführen will, wodurch die Anlagekosten sehr sinken und außerhalb der Betrachtungsweise normaler Wirtschaftlichkeitsberechnungen stehen würden. In der Zusammenfassung weist Defour nochmals auf die Beständigkeit der Energiequelle, die durch den Mondwechsel gegeben ist, hin und befürwortet das Zusammenarbeiten mit Laufwasser- und Dampfkraftwerken. *Wte.*

DK 621.315.624.4.001.4

Elektromechanische und thermische Prüfung von Kappenisolatoren. [Nach van Cauwenberghe, Rev. gén. Électr. 44 (1938) S. 633; 6 S., 8 Abb.]

Um den Verlauf der Bruchfläche und des elektrischen Durchschlagkanals nach voraufgegangener elektro-mechanischer Beanspruchung sowie auch teilweise nach voraufgegangener Wärmesturzprüfung festzustellen, untersuchte R. van Cauwenberghe 40 gleiche Isolatoren üblicher Kappenbauart nach Entfernung ihrer Armaturteile. Hierbei ergab sich für die zunächst ohne mechanische Vorbelastung unter Öl bis zum Durchschlag geprüften Isolatoren die bekannte Tatsache, daß maßgebliche Durchschlagswerte (von etwa 180 kV) nur unter Verwendung eines leitenden Sonderöles[1]), welches Randdurchschläge unmöglich macht, erhalten werden. Die allein richtigen „Kopfdurchschläge" gehen meist von einer Ecke des Klöppellochbodens aus und verlaufen von dort entweder waagerecht oder schräg nach der Kappe. Die nach voraufgegangener Wärmesturzprüfung erfolgten Öldurchschläge zeigten einen ähnlich glatten Verlauf im Kopf, lagen jedoch durchgängig etwas niedriger (bei rd. 140 kV), was unter Umständen auf eine zu scharfe Wärmesturzprüfung (10maliger Wechsel zwischen Wasser von 73° und 13°) schließen läßt.

Bei der mechanischen Prüfung erfolgte der Vollbruch entweder entsprechend der schrägen Fläche größter mechanischer Druckbeanspruchung zwischen unterem Kappenrand und oberem Klöppelende, oder (fast waagerecht), indem die Kappe wahrscheinlich zunächst längs der Kittfläche etwas gleitet, worauf im Porzellan eine Art zusätzlicher Biegungsbeanspruchung eintritt.

[1]) Harald Müller ETZ 52 (1931 S. 161.

Zusammengefaßt lassen die Versuche die große Bedeutung feinster Einrisse im Porzellan erkennen, die im Betrieb durch plötzliche Temperaturänderungen oder beim Zusammenbau der Isolatoren (u. U. auch unter dem Einfluß des Kittes) oder bei zu hoher mechanischer Belastung entstehen können. Infolge der Konzentration des elektrischen Feldes und der Möglichkeit ihrer allmählichen Vergrößerung im Betrieb können sie den Ausgangspunkt zu späteren Durchschlägen bilden. Hieraus ist nach Ansicht des Verfassers auch das sogenannte Altern der Hänge-Isolatoren zurückzuführen. Es sollte daher nach den aus anderen Gründen meist für nötig erachteten thermischen und mechanischen Prüfungen jeder Isolator noch auf das etwaige Entstehen feinster Risse in der am höchsten beanspruchten Zone besonders untersucht werden. *W. W.*

Elektromaschinenbau.

DK 621.314.22.001.24

Bemessung von Transformatoren. [Nach F. Unger, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 3, S. 143; 28 S., 16 Abb.]

Nach einer kurzen Betrachtung über die günstigste Verlustverteilung bei Leistungstransformatoren und der Feststellung, daß das Verhältnis Stromwärmeverluste/Eisenverluste gleich sein muß dem Verhältnis der gesamten Einschaltezeit zur Belastungszeit des Transformators, werden Beziehungsgleichungen aufgestellt, welche sich sämtlich auf Transformatoren mit runden Spulen und rundem Schenkelquerschnitt der folgenden Typen: Einphasen-Kern, Dreiphasen-Kern, Einphasen-Mantel, Dreiphasen-Fünfschenkel, beziehen. Unter der Voraussetzung gleichen Schenkel- und Jochquerschnittes werden folgende drei für alle Transformatoren gültigen Gesetze abgeleitet:

1. Das Verlustgesetz:

$$\xi = \frac{N_w}{N_e} = \frac{m\,\gamma_w\,\alpha\,j^2\,Q_w\,l_w}{\gamma_e\,\beta\left(\frac{B}{10\,000}\right)^2 Q_e\,l_e}.$$

Hierin bedeutet ξ das Verlustverhältnis, N_w die gesamten Stromwärmeverluste in Watt, N_e die gesamten Eisenverluste in Watt, m die Anzahl der bewickelten Schenkel, γ_w und γ_e die spezifischen Gewichte von Wicklung und Eisen, Q_w den Wicklungsquerschnitt der gesamten Bewicklung eines Schenkels, Q_e den Eisenquerschnitt, beide in cm², l_w die mittlere Windungslänge in cm, l_e die gesamte Eisenlänge in cm über sämtliche Joche und Kerne gemessen (bei Manteltransformatoren für die halben Eisenquerschnitte mit der halben Länge eingesetzt), α den Stromwärmeverlust in W/kg für eine Stromdichte j von 1 A/mm², β die Eisenverlustziffer in W/kg bezogen auf eine Induktion B von 10 000 Gauß einschließlich Bearbeitung und Wirbelstromzuschlag.

2. Das Preisgesetz:

$$\psi = \frac{P_e}{P_w} = \frac{p_e\,\gamma_e\,Q_e\,l_e}{m\,p_w\,\gamma_w\,Q_w\,l_w} = 1,$$

worin P_e den gesamten Preis des fertigen Eisenkernes in RM und P_w den gesamten Preis der fertigen Wicklung in RM, p_e und p_w den spezifischen Eisen- bzw. Wicklungspreis in RM/kg bedeuten. Da für den billigsten Transformator stets $\psi = 1$ sein muß, ergibt sich aus Verlustgesetz und Preisgesetz

3. das Beanspruchungsgesetz:

$$j = \frac{B}{10\,000}\sqrt{\xi\,\frac{\beta\,p_w}{\alpha\,p_e}},$$

nach welchem für den billigsten Transformator mit einem durch die Belastungsverhältnisse gegebenen Verlustverhältnis die Stromdichte eindeutig durch die Kerninduktion bestimmt ist.

Auf Grund dieser Gesetze ergibt sich eine Gleichung für den Fluß Φ des Transformators:

$$\Phi = 10^6\left[100\sqrt[4]{\frac{\alpha\,p_w}{\beta\,p_e}}\sqrt{\frac{\sqrt{2}\,\gamma_w\,l_w}{\pi\,\gamma_e\,l_e}}\,\frac{1}{\sqrt[4]{\xi}}\sqrt{10^{-3}\,\frac{N_i}{f}}\right],$$

wo $N_i = m \cdot E \cdot I \cdot 10^{-3}$ die innere Leistung des gesamten Transformators in kVA ist, wenn E die elektromotorische Kraft und I den Strom je bewickelten Schenkel bedeuten. f ist die Frequenz.

Durch die drei erwähnten Gesetze sind alle Größen bis auf das Längenverhältnis $z = l_e/l_w$ gegeben. Auf Grund der geometrischen Beziehungen der verschiedenen Transformatortypen, wie sie z. B. aus der Abb. 2 für den Einphasen-Kerntransformator abzulesen sind, ergeben sich zwei weitere wichtige Verhältnisgrößen, das Fensterverhältnis $\mu = h/a$, wo h die Fensterhöhe und a die Fensterbreite von Kernkreis zu Kernkreis gemessen bedeuten, und das Verhältnis

$$v = \frac{a}{d} = \sqrt{\frac{\pi\,k_e}{2\,\mu\,k_w}}\sqrt{\frac{Q_w}{Q_e}},$$

wo d den Kerndurchmesser bedeutet. k_e ist der Eisenfüllfaktor, k_w der Wicklungsfüllfaktor, auf Fensterquerschnitt bezogen.

Abb. 2. Geometrische Beziehungen des Einphasen-Kerntransformators.

Mit Hilfe dieser Verhältnisgrößen kann man die Längen l_e und l_w für die einzelnen Transformatortypen bestimmen und erhält für $\sqrt{z}$ eine kubische Gleichung. Die Auswertung dieser kubischen Gleichung für die verschiedenen Transformatortypen ergibt geradlinige Funktionen für z in Abhängigkeit von μ und k_e/k_w, so daß man schreiben kann

$$z = \frac{l_e}{l_w} = F + K\,\mu\sqrt{\frac{k_w}{k_e}}.$$

Wie genau diese Beziehungen gelten, ersieht man aus Abb. 3, in welcher z in Abhängigkeit von μ und ke/kw für den Einphasen-Kerntransformator dargestellt ist. Die folgende Zahlentafel gibt die Konstanten F und K der Gleichungen.

Konstanten F und K.

Transformatortype	Kupferwicklung		Aluminiumwicklung	
	F	K	F	K
Einphasen-Kern	1,50	0,15	1,50	0,19
Dreiphasen-Kern	2,50	0,22	2,50	0,28
Einphasen-Mantel	0,75	0,19	0,75	0,25
Dreiphasen-Fünfschenkel	2,00	0,28	2,00	0,39

Bezüglich der Füllfaktoren selbst wurde gefunden, daß der Eisenfüllfaktor bei neuzeitlichen Transformatoren nur zwischen 0,75 und 0,8 schwankt. Für die Fensterfüllfaktoren gibt es zahlreiche Kurven, so z. B. in einem Aufsatz von Bucher[1]).

Abb. 3. Längenverhältnis $z = l_e/l_w$ in Abhängigkeit vom Fensterverhältnis $\mu = h/a$ über k_e/k_w als Parameter aufgetragen für den Einphasen-Kerntransformator.

Sind die Verluste gegeben, so kann man mit Hilfe einer einfachen Gleichung die Kerninduktion B des Transformators bestimmen. Für Dreiphasen-Kerntype und Kupferwicklung erhält man:

$$B = \frac{0{,}039\,N_e^2 \cdot 10^3}{[(3\,\mu + 4)\,v + 6]^2\,(\Phi \cdot 10^{-6})^3}.$$

Zur Ermittlung des Fensterverhältnisses muß man von der vorgeschriebenen Kurzschlußspannung ausgehen. Man erhält

[1]) H. Bucher, ETZ 50 (1929) S. 1287.

auf Grund der Streuung des Transformators Beziehungen, welche sich letzten Endes in einer Gleichung darstellen lassen:

$$\mu = \frac{R}{u_s} \cdot \frac{N_i}{N_e}.$$

In dieser Gleichung bedeutet u_s die relative Streuspannung, in Prozent auf Nennspannung bezogen, und R eine Größe, welche vom Streuleitwert, der Eisenlänge, dem Verhältnis v und verschiedenen anderen Größen abhängig ist, welche sich aber für den Einphasen-Kerntransformator mit einfacher Zylinderwicklung mit großer Annäherung in der einfachen Form

$$R = 40 + \frac{10}{k_w}$$

darstellen läßt.

Mit gegebenem Fensterverhältnis ist eindeutig der Fluß des Transformators gegeben, und damit kann der Transformator, die richtige Wahl des Fensterfüllfaktors vorausgesetzt, in einem Berechnungsgang berechnet werden. Ergibt sich aus der Berechnung eine wesentliche Abweichung vom gewählten Fensterfüllfaktor, so muß die Berechnung mit dem neuen Fensterfüllfaktor nochmals wiederholt werden.

Kerneinschnürung. Für den Fall, daß die aus den gegebenen Verlusten ermittelte Kerninduktion wesentlich unter 13 000 Gauß bzw. bei Oberwellenausgleich des Magnetisierungsstromes unter 15 000 Gauß ermittelt werden sollte, ist es zweckmäßig, die Schenkel des Transformators auf einen Schenkelquerschnitt Q_s mit der Schenkelinduktion $B_s = 13\,000$ bzw. 15 000 einzuschnüren und die Joche auf einen Jochquerschnitt Q_j bei einer Jochinduktion B_j zu verstärken. Bezeichnet man mit ε die Schenkeleinschnürung und mit ζ die Jochverstärkung, so ergibt sich

$$\varepsilon = \frac{B_s}{B} = \frac{Q_e}{Q_s} \text{ und } \zeta = \frac{B_j}{B} = \frac{Q_e}{Q_j}.$$

Bei gleichen Verlusten ergibt sich dann eine Verbilligung σ gegenüber dem nicht eingeschnürten Transformator. Unter der Voraussetzung gleicher Kurzschlußspannung findet man eine Beziehung für das verkleinerte Fensterverhältnis μ', die verkleinerte mittlere Windungslänge l'_w und die vergrößerte Stromdichte j' beim Transformator mit eingeschnürten Schenkeln zu:

$$\frac{\mu'}{\mu} = \frac{l'_w}{l_w} = \frac{j}{j'} = \frac{2 + v\sqrt{\varepsilon}}{(2+v)\sqrt{\varepsilon}}.$$

Bezeichnet man die Länge sämtlicher Schenkel mit l_s, die sämtlicher Joche mit l_j, so findet man für Dreiphasen-Kerntransformatoren:

$$\frac{l_s}{l_j} = \frac{3\,\mu'}{4 + 6/v\sqrt{\varepsilon}}$$

und erhält für ζ den Ausdruck:

$$\zeta = -\frac{l_s}{2\,l_j}\left(\varepsilon - \frac{1}{\varepsilon}\frac{l_w^2}{l_w'^2}\right) \pm \sqrt{\frac{l_s^2}{4\,l_j^2}\left(\varepsilon - \frac{1}{\varepsilon}\frac{l_w^2}{l_w'^2}\right)^2 + \frac{l_w^2}{l_w'^2}}.$$

Die Verbilligung σ erhält man zu $\sigma = \mu'^2/\mu^2$. Der Temperaturanstieg Wicklung über Öl ϑ' bei Kerneinschnürung ist höher als ohne Kerneinschnürung (ϑ). Man erhält: $\vartheta'/\vartheta = 1/\sigma$.

Als Beispiel wurde ein 75 kVA-Transformator gemäß DIN VDE 2600 berechnet. Die Übereinstimmung der Verluste und der Kurzschlußspannung mit den Normenwerten ist sehr gut, das Preisverhältnis ist nahezu 1, und dabei kann die verhältnismäßig hohe Stromdichte unbedenklich eingehalten werden.

Damit sind alle bisherigen Berechnungsverfahren, welche stets Tabellenberechnungen erfordern, um den günstigsten Transformator herauszufinden, als überholt anzusehen.

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.39 : 531.71

Messung eines Millionstel Zoll. [Nach M. C. Coffman u. C. H. Borneman, Gen. Electr. Rev. 41 (1938) S. 502; 2 S., 3 Abb.]

Die Anforderungen an die Genauigkeit der Herstellung neuzeitlicher, sehr dicht ineinander passender Maschinen- und Geräteteile machen eine weitgehende Vervollkommnung der Feinmeßverfahren notwendig. Das im folgenden beschriebene elektrische Meßverfahren gestattet die Feststellung von Dickenunterschieden bis auf 1 Millionstel Zoll (rd. 25 mμ) in Zusammenwirkung mit einer Meßmaschine (Abb. 4), die für sich durch eine zweckentsprechend ausgeführte Mikrometerlehre bereits die mechanische Ermittlung von Längenabweichungen bis zu 0,00001 Zoll ermöglicht. In der genannten Meßmaschine ist ein längsverschiebbarer Stahlrahmen E mit Hilfe des Gleitlagers FF zwischen

A Stellschraube, B Druckfeder, CC, DD Doppelspulen, E Stahlrahmen, FF Gleitlager, G Prüfling, H Anschlag, K Spulenhalter, T Taststift, XY Luftspalte

Abb. 4. Grundsätzliche Anordnung der elektrischen Meßvorrichtung.

stützenden Flachfedern sehr genau geführt. Das auf seine Dicke nachzuprüfende Teil G wird zwischen den an dem Rahmen E befestigten Taststift T und den feststehenden Anschlag H eingefügt. Der Anpressungsdruck des Taststiftes T kann durch Verdrehen einer die Spannkraft der Druckfeder B regelnden Stellschraube A zwischen etwa 400 g und 1,8 kg eingestellt werden. Der Rahmen E umschließt zwei nach dem Schaltbild Abb. 5 hintereinandergeschaltete Doppelspulen CC und DD,

CC, DD Doppelspulen, P, Q Vollweggleichrichter, R Regelwiderstand, I Strommesser

Abb. 5. Schaltbild der Meßanordnung.

die von dem feststehenden Spulenhalter K getragen werden, der gleichzeitig den durch die beiden Luftspalte X und Y unterbrochenen magnetischen Kreis dieser Spulen schließt. Jede Längsverschiebung des Taststiftes T hat eine Verringerung des einen und eine Vergrößerung des anderen dieser beiden Luftspalte zur Folge. Die dadurch hervorgerufene Änderung des magnetischen Widerstandes des magnetischen Kreises bedingt eine Gleichgewichtsstörung der Wechselstrombrücke, die durch die Spulen CC und DD gebildet wird. Diese Gleichgewichtsstörung tut sich nach Gleichrichtung des Brückenstromes durch den Vollweg-Kupferoxydgleichrichter P in einer entsprechenden Änderung des Ausschlages des mit doppelseitiger Skala versehenen Gleichstromanzeigers I kund, so daß auf diese Weise die Dickenabweichung des zu untersuchenden Teiles G gemessen werden kann. Der mit einer Nebenwicklung des die Wechselstrombrücke speisenden Transformators verbundene und im Nebenschluß zum Anzeigegerät I und dem Gleichrichter P liegende zweite Kupferoxyd-Vollweggleichrichter Q liefert einen zum Brückenstrom durch das Anzeigegerät I und diesen Gleichrichter P entgegengesetzt fließenden Gleichstrom, wodurch die Empfindlichkeit der Meßanordnung erhöht wird. Durch einen Regelwiderstand R läßt sich die Empfindlichkeit außerdem so weit steigern, daß sich der elektrische Ausschlag des Anzeigegerätes zur Verschiebung des Taststiftes wie 25000 : 1 verhält. *O. N.*

DK 621.317.755

Ein empfindlicher Zweistrahl-Hochleistungsoszillograph mit getrennten Entladungsrohren für niedrige Erregerspannung. [Nach H. Thielen, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 3, S. 189; 7½ S., 14 Abb.]

Für viele Untersuchungen mit dem Kathodenstrahloszillographen ist es wertvoll, ähnlich wie beim Schleifenoszillographen mehrere Schreibstrahlen zur Verfügung zu haben, um so selbst

bei den schnellsten Vorgängen die zeitliche Lage verschiedener Größen zueinander auf der photographischen Platte festhalten zu können. Von solchen Mehrfachoszillographen verlangt man vor allem: einen kleinen apparativen Aufwand, eine leichte Auswertbarkeit der Oszillogramme und eine gänzliche Beeinflussungsfreiheit der einzelnen Strahlen und Systeme voneinander. Bei dem beschriebenen Zweistrahloszillographen (Abb. 6) wurde dies durch Verwendung zweier Hochleistungsentladungsrohre mit Hilfsentladung für niedrige Erregerspannung und durch eine zweckmäßige Anordnung und Abschirmung der Ablenksysteme und Spannungszuführungen erreicht. Gerade bei solchen Mehrfachanordnungen zeigt sich der Nutzen des Entladungsrohres mit Hilfsentladung, da z. B. selbst zur Regelung des Strahlstroms

Abb. 6. Gesamtansicht des Zweistrahloszillographen.

in weiten Grenzen eine Einstellung der Hilfsspannung ausreicht. Auch läßt sich ohne merkliche Änderung der Strahlempfindlichkeit eine leichte Helligkeitssteuerung mittels Hilfsspannungsänderung durchführen, was beim vollständigen oder teilweisen Ineinanderschreiben zur besseren Unterscheidung der Kurvenzüge sehr erwünscht ist. Aufnahmen von Schwingungen von 10^7 bis 10^5 Hz beim einmaligen Überschreiben der Photoplatte bringen den einwandfreien Nachweis für eine verzerrungsfreie Schrift, die Freiheit von gegenseitigen Beeinflussungen der Strahlen und Ablenksysteme, für die Übereinstimmung der Phasenlage und des Nullpunktes und schließlich für die leichte Intensitätssteuerung der Einzelstrahlen. Oszillographen gleicher Leistungsfähigkeit mit mehr als zwei Meßstrahlen, z. B. mit vier oder acht, lassen sich bei geringem apparativem Aufwand nach der gleichen Bauart herstellen.

DK 621.317.7.088.4

Untersuchungen über Trägheitslatenz magnetomotorischer Elektrographen (Signale, Galvanometer). [Nach Armin Tschermak-Seysenegg, Pflügers Arch. ges. Physiol. 233 (1939) S. 225; 12 S., 5 Abb.]

Das Einschwingen eines magnetomotorischen Elektrographen auf Stromeinwirkung hin erfolgt nicht, wie oft vorausgesetzt wird, wirklich augenblicklich, sondern mit einer gewissen Trägheitslatenz[1]), da das magnetische Moment eine gewisse Höhe erreicht haben muß, ehe das System seine Ruhelage aufgibt. Die Trägheitslatenz eines Magnet- bzw. Saitengalvanometers oder elektromagnetischen Signals läßt sich nun nach dem Verfahren des Verfassers genau bestimmen durch Ermittelung der Zeit zwischen dem Beginn des Öffnungsfunkens eines Quecksilbervakuumschlüssels im Primärkreis eines Induktoriums (oder des Entladungsfunkens eines geeigneten Kondensators) und dem Beginn des Ausschlages des Elektrographen, auf welchen der Sekundärkreis einwirkt. Zu diesem Behufe wird auf dem hinter einer mit Abszissenteilung versehener Zylinderlinse laufenden Filmband einerseits das Autogramm des Funkens (unter geeigneter Zuleitung seines Lichtstromes durch Triederreflexion), anderseits das Schattenbild von Galvanometersaite, Signal, Stimmgabel (mit etwa 65 Halbschwingungen, also 15,4 ms Einzeldauer) oder eines sonstigen Chronographen sowie eines ordinatenschreibenden Speichenrades aufgenommen (vgl. Abb. 7). Die Laufgeschwindigkeit des Filmbandes muß allerdings beträchtlich sein: mindestens 33 cm/s, so daß die einzelnen Ordinaten etwa 2 mm voneinander abstehen, somit 1 mm Breitenabstand etwa 3 ms entspricht. Unter Zuhilfenahme der aufgezeichneten Ordinaten läßt sich mit einer feinen Schiebeleere eigener Konstruktion, die etwa 16 mm hohe scharfe Hohlbacken aufweist und glatt auf dem Filmband aufliegt, bequem der Abstand zwischen Beginn des Funkenstreifens und des Saitenausschlages messen und auf Grund der Durchschnittsbreite einer Stimmgabel-Halbschwingung (5,1 mm = 15,4 ms) in Millisekunden ausdrücken.

Chr Chronograph bzw. Signal
FF Filmband, von unten nach oben laufend
GS mikroskop. Bild der Galvanometersaite
HgS Vakuum-Quecksilberschalter
SK Schalterkasten
SpR Speichenrad, jede fünfte Speiche verstärkt, zum Aufzeichnen der Ordinaten
StG Stimmgabel mit Dorn
Tr Trieder zur Reflexion des Öffnungsblitzes

Abb. 7. Registriereinrichtung zur Messung der Trägheitslatenz eines Saitengalvanometers.

a Öffnungsfunke
b Stimmgabelschwingung, eine Halbwelle gleich 15,4 ms
c Ausschlag der Galvanometersaite. Waagerechte Maßlinien durch Gravierung auf Zylinderlinse geschrieben, senkrechte durch Speichenrad

Abb. 8. Messung der Trägheitslatenz (4,3 ms) eines Saitengalvanometers bei Einschaltung einer zusätzlichen Kapazität.

Bei diesem durch ein Probebild (Abb. 8) veranschaulichten Verfahren läßt sich unstreitig die Trägheitslatenz gut messen; beim Einthovenschen Saitengalvanometer erreicht sie Werte zwischen 1,8 und 5 ms, beim elektromagnetischen Signal (Type nach Pfeil mit an beiden Enden fixierter Ankerlamelle) liegt sie für Öffnung zwischen 3 und 22 ms (für die erste Andeutung) bzw. zwischen 14 und 37 ms (bei voller Ablösung); beide Wertreihen sind stark abhängig von der gewählten Einstellung von Ankerlamelle und Spulen. Das Signal hinkt bei Öffnung um etwa 0,5 bis 19 ms (erste Andeutung) bzw. um 11 bis 34 ms (volle Ablösung), bei Schließung hingegen nur um 1,3 bis 3,7 ms dem Galvanometer nach, so daß eine Signalindikation auf

[1]) Der im Anschluß an den Begriff „Latenz" in der Physiologie geprägte Ausdruck „Trägheitslatenz" soll die hier behandelte Äußerung der Trägheit in Form des dem Ausschlag vorangehenden Zeitverlustes (Trägheit der Ruhe) von den Trägheitsäußerungen während des Ausschlages (Verlangsamung, Ausschlagsvergrößerung usw.) unterscheiden.

Schließung relativ zuverlässiger erscheint als eine solche auf Öffnung eines Stromkreises.

Diese Feststellung einer Trägheitslatenz beruht nicht etwa auf Fehlerquellen des Verfahrens, zumal nicht auf einem Höhenunterschied der beiden registrierten Lichtbündel, nämlich des Funkenlichtes und des Bündels der Projektionslampe des Galvanometers, wie die Kontrollprobe reinlichen Durchlaufens der Ordinaten-Speichen in beiden Lichtbündeln (so in Abb. 8) beweist.

Der Zeitwert der Trägheitslatenz der magnetomotorischen Elektrographen erweist sich in gewissem Grade abhängig von der Ableitungsweise, indem Einschaltung von Kondensatoren an Stelle einfacher direkter Ableitung die Trägheitslatenz merklich verlängert (so in Abb. 8). In entsprechender Weise wirkt Erhöhung der Empfindlichkeit durch Entspannen der Galvanometersaite. Daneben haben aber noch andere Faktoren Einfluß — u. a. Stärke und Differential des Eichstromes, Temperatur und Zentrierungslage der Saite —, so daß die Werte für die Trägheitslatenz nicht unbeträchtlich schwanken; sie müssen also zweckmäßig zu gleicher Zeit oder wenigstens in raschem Wechsel gemessen werden. — Das geschilderte Verfahren ist zur Eichung und Überprüfung eines Elektrographen oder Signals auf Trägheitslatenz geeignet und zu empfehlen. *eb.*

Lichttechnik.

DK 628.9 : 69

Licht und Bauen. [Nach W. Arndt, Vortrag im VDE Bezirk Ostpreußen am 17. 10. 1938.]

Von der Notwendigkeit einer gemeinschaftlichen Bearbeitung licht- und baufachlicher Fragen durch Lichttechniker einerseits und Architekten anderseits ausgehend, wurde die Bedeutung der neuzeitlichen beleuchtungstechnischen Betrachtungsweise dargelegt. Es handelt sich hier um eine „Technik", die nicht nur auf physikalischer Grundlage, sondern auch auf physiologischen, psychologischen und geistigen Erkenntnissen aufbaut, damit also auf einer menschenkundlichen Grundlage steht. Diese in wissenschaftlichen Kreisen der Lichttechnik schon seit Jahren vorhandene Einstellung wird, so meinte der Vortragende, sicherlich in absehbarer Zeit auch die Anschauungen auf anderen Gebieten der Technik befruchten und auch deren Betrachtungsweise einzelner Aufgaben ändern. Jedoch ist die Vielseitigkeit der zu beobachtenden Grenzgebiete in Fragen der Lichttechnik besonders groß. An einigen Beispielen aus den verschiedenen Grenzgebieten wies der Vortragende den Einfluß auf dem heutigen Stand der Lichttechnik nach.

W. Arndt entwickelte dann im einzelnen, daß im Zeitalter der Elektrotechnik, in dem wir stehen, der Lichtträger auf dem Gebiet der künstlichen Beleuchtung die dem „Geist der Elektrizität" entsprechende und gemäße Ausdrucksform heute zweifellos noch nicht gefunden hat. Sowohl der Architekt als auch der Techniker klammern sich heute noch viel zu sehr an die traditionelle Form, und so findet man in den künstlichen Beleuchtungskörpern sehr oft nur neuzeitliche Formen der alten Petroleumlampen, Wachskerzen usw. Der Vortragende stellte fest, daß wohl erst dann der „Geist der Elektrizität" die Lichtträger der künstlichen Beleuchtung erfaßt habe, wenn man ähnlich den vollkommenen Einrichtungen der Raumheizung Lichtträger schafft, die nicht mehr Selbstzweck sind, sondern nur der Beleuchtung des Raumes dienen.

Im besonderen wurde auf das Gebiet der „Tagesbeleuchtungstechnik" eingegangen und den Architekten neue, sehr einfache Hilfsmittel zur Bestimmung der erforderlichen und zugleich auch wirtschaftlichsten Lichtöffnungen bei Oberlichtern verschiedener Art gezeigt. Der größte Teil dieser Hilfsmittel, die der Vortragende durch umfangreiche, eigene Untersuchungen gewonnen hat, wurden hier in Königsberg zum erstenmal veröffentlicht. Hier traf der Vortragende besonders die Interessen der Architekten, denen er in ganz einfachen Darstellungen sehr genaue Berechnungsverfahren der verschiedensten Oberlichtarten mitteilen konnte. Auch berührte der Vortragende luftschutztechnische Fragen beim Aufbau derartiger Tagesbeleuchtungsanlagen und konnte an anschaulichen Beispielen nachweisen, daß seine Berechnungsverfahren der Praxis die Möglichkeit geben, auch die wirtschaftlichsten Lichtöffnungen zu bestimmen und dabei zu berücksichtigen, daß möglichst wenig Fensterflächen eingebaut werden, daß aber anderseits diese Fensterflächen dem Tageslicht genügenden Eintritt lassen, um den in dem deutschen Industrienormenwerk unter Din 5034 bestimmten Mindestforderungen an Beleuchtungsstärken in Arbeitsräumen bei Tage vollkommen zu genügen. *eb.*

Verkehrstechnik.

DK 621.314.214.3 : 621.335.2

Reservestufen an Stufentransformatoren von Einphasen-Triebfahrzeugen. [Nach W. Duerler, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 29 (1938) S. 654; 4 S., 2 Abb.]

Als „Reservestufen" werden von W. Duerler diejenigen Spannungsanzapfungen an Fahrzeugtransformatoren bezeichnet, die über das zum normalen Fahrbetrieb erforderliche Maß hinaus vorhanden sind. Es kann nun der an sich seltene Fall eintreten, daß schwere Züge auf einer Nebenbahn zu befördern sind, die lange, starke Steigungen aufweist und nur über eine Fahrleitung (ohne parallel geführte Speiseleitung) mit Strom versorgt wird. In einem solchen Fall kann es vorkommen, daß der Spannungsabfall in der Fahrleitung stärker zunimmt, als durch das Hinzuschalten von Transformatorstufen an Motorklemmenspannung und damit an Leistung gewonnen werden kann. Es gilt also, die maximal aus einer Stromquelle von gegebenem Innenwiderstand zu entnehmende Leistung zu bestimmen. Diese ergibt sich — wie auch an einem Zahlenbeispiel berechnet wird — für die gemachten Voraussetzungen dann, wenn der Spannungsabfall im Fahrdraht genau so hoch ist wie die im Fahrzeugtransformator nutzbar gemachte Spannung, d. h. wenn der Spannungsabfall gleich der halben Spannung im Unterwerk ist. Es ist also dann unmöglich, durch Verwendung höherer Transformatoranzapfungen die Motorklemmenspannung und damit die Lokomotivleistung beliebig heraufzusetzen. Der Verfasser gibt an, daß „allenfalls dort, wo die Spannung in einem Netzteil sinkt, ohne daß die Belastung in jenem Abschnitt daran schuld ist und ohne daß eine Überlastung der speisenden Anlagen eintritt, Reservestufen am Platze wären".

Anmerkung des Berichters: Im letzteren Fall sind Reservestufen nicht nur „allenfalls" am Platze, sondern sehr angebracht. Denn außer der vom Verfasser angegebenen Bedeutung der Reservestufen zum Kompensieren des Spannungsabfalls im Fahrdraht haben sie die wichtigere Aufgabe, unter allen Umständen die erforderliche Beschleunigungsleistung bei schweren Zügen mit hoher Fahrgeschwindigkeit sicherzustellen. *Ko.*

DK 621.3.025.3 : 629.123

Drehstrom an Bord von Schiffen. [Nach B. Bleicken, Vortrag vor dem VDE-Bezirk Hansa in Hamburg am 5. 10. 1938.]

Während bisher für die elektrischen Anlagen auf Schiffen fast ausschließlich Gleichstrom benutzt wurde, sind von den in den letzten Jahren in Dienst gestellten Turbo- und dieselelektrischen Schiffen[1]) einige vollständig mit Drehstrom ausgerüstet worden. Der Drehstromantrieb für die Schrauben hat sich bereits derart bewährt, daß die weitere Entwicklung in dieser Richtung nicht mehr aufzuhalten ist. Entscheidend für seine Wahl, besonders bei großen Einheiten, waren der bessere Wirkungsgrad, die einfachere Bauart, die geringere Wartung und die bessere Kühlmöglichkeit gegenüber Gleichstrom. Es ist eine bekannte Tatsache, daß die dauernde Pflege der vielen Stromwender für die Besatzung eine stark ins Gewicht fallende Belastung darstellt. Bekanntlich verwendet man für den Antrieb der Schrauben Synchronmotoren, die asynchron anlaufen. Während der Maschinenmanöver, besonders beim Umsteuern, ist der Motor überaus starken elektrischen Beanspruchungen ausgesetzt. Zum ersten Male ist nun auf der „Patria" eine elektrische Bremse eingebaut worden, wodurch die Umdrehungszahl der Schraube innerhalb einer Sekunde von 94 auf 4 U/min gesenkt werden konnte, eine Zeit, auf die man allerdings wegen allzu starker Erschütterungen der Schiffsverbände nicht heruntergehen wird. Bei der elektrischen Bremse arbeitet der Motor von der Schraube angetrieben als Synchrongenerator auf besondere Widerstände.

Einige neuere Schiffe haben nun auch für die übrigen elektrischen Anlagen Drehstrom erhalten, der den Hauptgeneratoren über Transformatoren entnommen wird. Damit wird jedoch das gesamte 380/220 V-Bordnetz frequenzabhängig, weil ja die Schiffsgeschwindigkeit durch Drehzahländerung des Antriebes und damit der Drehstromgeneratoren geregelt wird. Auf Grund dessen müssen die elektromotorischen Antriebe und auch die Lichtanlagen entsprechend gebaut sein. Schwierigkeiten bereitet dieser Antrieb nur bei den Schiffswinden, die bekanntlich einer besonders schnellen Regelung bedürfen. Man versucht jetzt, ohne ein allzu umfangreiches mechanisches Ge-

[1]) ETZ 56 (1935) S. 809, 815; 57 (1936) S. 714, 1004, 1517; 58 (1937) S. 76, 1073, 1106; 59 (1938) S. 22 u. 621.

triebe auszukommen. Die bei Gleichstrom bisher allgemein übliche einpolige Verlegung des Bordnetzes, die nicht nur aus Gründen der Billigkeit, sondern auch wegen der Kurzschlußsicherheit und der Vermeidung von Kriechströmen angewendet wurde, ist auch bei Wechselstrom beibehalten worden. Die Korrosion auf Schiffen, die bisher meist dem Gleichstrom zugeschrieben wurde, wird bei Drehstrom nicht mehr in dem Maße auftreten. Ein weiterer Vorzug des Drehstromes besteht in der Verwendung der Elektrodenheizung, die sich an Bord in letzter Zeit immer mehr findet.

Der Vortragende weist ausdrücklich darauf hin, daß der Verlegung von Kabeln und Leitungen ganz besondere Sorgfalt zugewendet werden muß. Dies gilt hauptsächlich auch bei den Kreuzungen und bei den Durchführungen für die wasserdichten Schotten und für die Feuerschotten. *He.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.396.62 : 629.113

Entwicklungsrichtungen auf dem Gebiet der Autoempfänger in den V. S. Amerika. [Nach L. M. Clement u. F. X. Rettenmeyer, Funktechn. Mh. (1938) H. 6, S. 165; 7½ S., 14 Abb.]

Die ersten Kraftwagenempfänger für Unterhaltungszwecke wurden im Jahre 1926 gebaut. Da Einrichtungen zur Vermeidung von Zündstörungen noch nicht bekannt waren, begnügte man sich mit einer guten Antenne, bestehend aus einem Metallnetz im Wagendach, den Ortssender mit einem Geradeausempfänger und Trichterlautsprecher abzuhören. Die ersten Entstörungsversuche wurden durch Verbindung aller Metallteile mit dem Motorblock und der getrennten Verlegung der primären und sekundären Zündleitungen vorgenommen. Um den Empfänger leichter zugänglich zu machen, wurde im Jahre 1930 Fernbedienung mit biegsamen Wellen vorgesehen. Im Jahre 1931 ging man zu indirekt geheizten 6 V-Röhren über, wodurch die hochfrequente Störanfälligkeit beträchtlich herabgesetzt wurde. Durch Einführung der Regelröhren wurden die jetzt fast ausschließlich verwendeten Überlagerungsempfänger mit selbsttätiger Fadingregelung versehen. Die starken Feldstärkeschwankungen durch Ortsveränderung des Kraftwagens konnten dadurch ausgeglichen werden. Gleichzeitig entnahm man die Anodenspannung Einankerumformern, die aus der Wagenbatterie gespeist wurden. Die Entwicklungsrichtung ging dahin, die Abmessungen der Empfänger und der Umformer zu verkleinern. Aus diesem Grunde wurden an Stelle der Einankerumformer Zerhacker verwendet, welche ebenfalls aus der Wagenbatterie gespeist wurden. Die Heizleistung der Röhren wurde direkt der Starterbatterie entnommen und die herauftransformierte Zerhackerwechselspannung mit einem Röhrengleichrichter gleichgerichtet. Die Betriebssicherheit und die Beseitigung der hochfrequenten Störungen der Zerhacker machten sehr gründliche Untersuchungen dieses Umformers notwendig. Eine der wichtigsten Konstruktionsfragen lag in der richtigen Wechselbeziehung zwischen magnetisierendem Strom des Krafttransformators, der Größe der Papierkondensatoren, der Frequenz und des zeitlichen Prozentsatzes, den die Zerhackerkontakte in dem Luftspalt zubringen. Ferner mußten die Geräte so berechnet werden, daß im Betrieb bei vorhandenem Ladestrom ein Arbeiten bei 7,5 bis 8 V, aber auch ein Arbeiten bis zu 9 V möglich ist. Da eine vollständige Abschirmung der Zündleitungen nicht immer erreichbar ist, wurde die Antennenzuleitung von diesen Störungsträgern weitgehend entkoppelt. Durch gute Abschirmung der Empfänger und durch Einbau von Drosselspulen in den Heizstromkreis wurde eine weitere Verbesserung der Empfangsverhältnisse erzielt. Eine weitere Störminderung erreichte man mit Kondensatoren und durch Verlegung des Störungsmaximums in einen für den Empfang nicht verwendeten Wellenbereich. Da im weiteren Verlauf der Entwicklung die Wagen z. T. mit Ganzmetallkarosserien versehen wurden, konnten Dachantennen nicht mehr genommen werden und es wurden entweder isolierte Trittbretter als Antenne oder Metallstreifen bzw. -drähte, die in einem Abstand von 50 bis 100 mm unter den Trittbrettern befestigt sind, benutzt. Durch besonderen Einbau der dynamisch permanenten Lautsprecher gelang es, die tiefen Töne anzuheben, ohne die Endleistung für eine vorgegebene Endröhre herabzusetzen. Besonderer Wert wurde auf die Ableitung der Ultrahochfrequenzenergie gelegt, die durch eine Funkenplatte am Entstehungsort weitgehend abgeleitet wurde. Die Empfänger wurden in der Endstufe als B-Verstärker betrieben, so daß die Stromentnahme aus der Wagenbatterie verhältnismäßig gering ist. Die mit Liliputröhren versehenen Empfänger wurden im Instrumentenbrett des Kraftwagens mit Lautsprecher eingebaut. Da die Trittbrettantennen nur eine geringe Höhe über dem Erdboden besitzen, und auch durch Verschmutzung und Beeinflussung durch die Wagenräder zu Störungen neigen, hat sich in der letzten Zeit eine rd. 60 cm hohe Stabantenne über dem Wagendach durchgesetzt. *Fr. S.*

DK 621.397.62.001.2

Quantitative Betrachtungen zum Projektions-Fernsehempfang mit Kathodenstrahlröhren. [Nach K. Diels und G. Wendt, Telefunkenztg. 19 (1938) H. 78, S. 38; 7½ S., 10 Abb.]

Für die Entwicklung des Projektions-Fernsehempfangs mit Kathodenstrahlröhren ist eine Steigerung der Helligkeit von großer Bedeutung. Sie kann durch Erhöhung der Lichtausbeute der Leuchtsubstanz, des Strahlstromes und der Strahlspannung erzielt werden. Erhöht man bei konstanter Spannung den Strahlstrom, so ergibt sich ein Sättigungswert der Lichtausbeute dadurch, daß entweder alle Leuchtzentren je Volumeinheit bei der vorliegenden Eindringtiefe der Elektronen erregt werden oder daß die Ausbeute infolge der Temperaturerhöhung wieder absinkt. Messungen haben ergeben, daß bei gekühlten Phosphoren der Sättigungsknick später auftritt als bei nicht gekühlten. Ein solcher Sättigungsknick liegt auch bei Erhöhung der Strahlspannung vor. Er tritt ein, wenn der mit zunehmender Spannung nach Durchlaufen eines Maximums kleiner werdende Sekundäremissionsfaktor des Schirmmaterials gleich 1 geworden ist. Die Ausbeutekurve bleibt dann für höhere Spannungswerte konstant, während sie bei Erhöhung des Strahlstroms und konstanter Spannung auf Grund der entstehenden Raumladung nach Überschreiten eines Höchstwertes wieder absinkt. Nach Messungen von Schnabel kann für Phosphore ein Lichtausbeutewert von 2 HK/W zugrunde gelegt werden.

Zwei Gesichtspunkte elektronenoptischer Art sprechen noch gegen die Erhöhung des Strahlstroms, nämlich die Vergrößerung der sphärischen Aberration infolge der Zunahme des Strahlenkegels in der Linsenebene und die gegenseitige Abstoßung der Strahlelektronen, die nach Watson berechnet werden kann; Berechnung sowie verschiedene graphische Darstellungen sind angegeben.

Die Erhöhung der Spannung bleibt also die günstigste Lösung zur Steigerung der Lichtausbeute, da sie darüber hinaus eine Abnahme der gegenseitigen Abstoßung der Elektronen bewirkt, so daß bei konstanter Fleckgröße auch noch der Strahlstrom vergrößert werden kann. Die Grenze ist durch die Belastbarkeit der Leuchtsubstanz gegeben.

Aus Rasterfläche, Lichtausbeute der Leuchtsubstanz und Wirkungsgrad der Lichtoptik kann nun die für eine bestimmte Schirmbeleuchtung notwendige Strahlleistung für verschiedene Vergrößerungen berechnet werden. Sind weiterhin noch Strahlschärfe, Zeilenzahl, Bildweite und Strahlhalbmesser in der elektronenoptischen Linse gegeben, so kann man die kleinste Strahlspannung ermitteln, die auf Grund der gegenseitigen Abstoßung der Elektronen noch zulässig ist. Diese Zusammenhänge sind in Kurven sowie in einer Tafel wiedergegeben. Für ein 600-Zeilen-Bild ist z. B. bei einer Schirmfläche von $0{,}8 \times 1\,m^2$ für eine Schirmbeleuchtung von 40 lx eine Strahlleistung von 63 W (13 kV Mindestspannung) erforderlich bei Verwendung eines diffus reflektierenden Schirmes und einer abbildenden Optik mit der Öffnung von 1 : 1,4. Sie erhöht sich bei einer Schirmfläche von $4 \times 5\,m^2$ und gleicher Schirmbeleuchtung auf 1600 W (Mindestspannung 46 kV). Eine Verkleinerung um das 5- bis 15-fache ist durch Verwendung eines Schirmes mit Richtwirkung und lichtstärkerer Optik möglich.

Unter der Voraussetzung, daß die bei kleinen Belastungen gemessene Lichtausbeute auch bei größeren Belastungen erhalten bleibt, könnten die an eine Projektionsröhre für ein Fernsehkino zu stellenden Anforderungen hinsichtlich Bildschärfe und Helligkeit genügend gut erfüllt werden. *Kj.*

DK 512 : 621.39.012.8.001.24

Hauptachsentransformation von Vierpolmatrizen und ihre Anwendung. [Nach W. Weizel, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 3, S. 196; 5 S., 0 Abb.]

Die Kettenmatrix eines beliebigen Vierpols $\mathfrak{A}$ wird als Produkt von drei Matrizen WAV dargestellt, von denen W und V zueinander reziprok und A eine Diagonalmatrix ist. Die Elemente von A sind die Kettenübertragungsmaße, W und V enthalten nur die Kettenwiderstände. Die Kettenmatrix einer Kette von n gleichen Vierpolen ist dann $WA^n V$, die einer Kette von n Vierpolen $\mathfrak{A}$ und m Vierpolen $\mathfrak{B}$ mit gleichen Kettenwiderständen ist $WA^n B^m V$. Manche Sätze über Vierpolketten gewinnt man durch die Hauptachsentransformation mit W und V fast ohne Rechnung. Die Vorteile dieses Verfahrens werden besonders an dem Problem der Angleichung von Vierpolen und der homogenen Leitung als Beispiel gezeigt.

DK 621.394.43 + 621.395.43.001

Mehrpolleitungstheorie. [Nach S. Koizumi, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) S. 171; 18 S., 7 Abb.]

In bezug auf die Kettenmatrix K eines Vierpols gilt bekanntlich die Bezeichnung: $AD - BC = 1$, wenn A, B, C und D die Elemente von K bedeuten. Man kann auch diese Matrix zur $n$ten Potenz in der Form $K(\vartheta n)$ ausdrücken, falls A, B, C und D durch die passenden Hyperbelfunktionen einer Variablen ϑ dargestellt werden. Wie ändert sich nun diese Beziehung, wenn man die Anzahl der Klemmen auf beiden Seiten des Vierpols erweitert? S. Koizumi findet, daß solch eine Erweiterung sich am besten und einfachsten in der Form von Matrizen behandeln läßt, z. B. lautet dann die Einheitsmatrix $AD' - BC' = U$. Ist ein Mehrpol elektrisch symmetrisch angeordnet, d. h. handelt es sich um eine definierte Mehrpolleitung, so erhält man $A^2 - BC = U$; insbesondere gelingt es der Übermatrix K von A, B, C und D, der Beziehung $K^n = K(\vartheta n)$ zu genügen, vorausgesetzt, daß die Matrizen A, B, C, D sich passenderweise umformen lassen.

Sind diese Umformungen durchgeführt, so läßt sich anschließend die Mehrpolleitung leicht weiterbehandeln, indem man z. B. den Nachweis dafür erbringt, daß sowohl jede Mehrpolleitung in ein System selbständiger Vierpole aufgelöst werden kann, als auch die Fortpflanzungskonstanten und Wellenwiderstände des getrennten Vierpolsystems gegenüber der Vertauschung der Betriebsklemmen invariant bleiben. Ferner kann man aus diesem Verfahren Transformationsformeln der Scheinwiderstände und Scheinleitwerte erhalten, wodurch sich die Konstanten im ursprünglichen und im getrennten System miteinander in Beziehung bringen lassen.

Weiter erhält man durch diese Transformationsformeln Ersatzschaltungen für beliebige Mehrpolleitungen, und zuletzt werden die Differentialgleichungen des Mehrleitersystems vom Standpunkt der Mehrpolleitungstheorie aus aufgestellt.

DK 621.39 (436)

Offene Fragen aus der österreichischen Fernmeldetechnik. [Nach R. Führer, Vortrag vor dem VDE-Bezirk Danzig am 12. 12. 1938.]

Österreich ist in der Fernmeldetechnik auf vielen Gebieten einen anderen Weg gegangen als das Altreich. Die ungünstigen wirtschaftlichen Verhältnisse und die landschaftliche Eigenart waren dafür bestimmend. So ist im Fernsprechverkehr der großen Ortsnetze die Zeitzählung eingeführt. Nicht die Gesprächszahl, sondern die Benutzungszeit bildet die Grundlage für die Gebührenberechnung. Die Zeitgebühr ist fällig, sobald der Hörer des Sprechapparates abgehoben wird. Anlaß zur Einführung des Zeittarifs bildete die außerordentliche Verbreitung der Gemeinschaftsanschlüsse (über die Hälfte aller Teilnehmer) und ihre einfache Schaltung, die einerseits im Amte kein Unterscheidungsmerkmal zeigt, welcher Teilnehmer spricht, anderseits eine Zeitzählung durch mechanische bei den Sprechstellen eingebaute Uhren in einfacher Weise zuließ.

Besondere Schwierigkeit bereitet in Österreich die fernsprechtechnische Erschließung der dünnbesiedelten, langen Gebirgstäler. Auch hier hatte die vormalige österreichische Telegraphenverwaltung interessante Lösungen entwickelt, die das Gemeinschaftssystem auf Fernleitungen ausdehnen. Die mangelnde Ausbaufähigkeit zwingt jedoch zu einem anderen Weg, der in der Anwendung einer selbsttätigen Richtungstrennung durch Frequenzweichen vorgeschlagen wird.

Eine Sonderlösung kommt endlich auf dem Gebiete der Rundfunkversorgung in Betracht, da die Ausbreitungsverhältnisse bei einer Versorgung von Zentralpunkten aus durch die abschirmende Wirkung der Berge sehr ungünstig sind. Die Schwierigkeiten werden sich durch einen weitgehend dezentralisierten Gleichwellenbetrieb mit Sendern kleinster Leistung meistern lassen.

Theoretische Elektrotechnik.

DK 537.523.4

Die Entwicklung langer Funken. [Nach T. E. Allibone, J. Instn. electr. Engrs. 82 (1938) S. 513; 30 S., 10 Abb., und T. E. Allibone u. J. M. Meek, Proc. roy. Soc., Lond. 166 (1938) S. 97; 9 S., 22 Abb.]

Die Entstehung des elektrischen Funkens wurde bisher in erster Linie bei kleineren Schlagweiten, dann aber auch an Hand der Blitzentladung, also einer Entladung bei äußerst großen Schlagweiten, näher untersucht. Über das Mittelgebiet der langen Funken lagen nur wenige, teilweise mehr orientierende Arbeiten vor[1]). Allibone und Meek haben nun Funken von 0,25 bis 2 m Länge bei Atmosphärendruck und von 0,75 m Länge bei vermindertem Druck (2 bis 76 Torr) eingehend untersucht und darüber in zwei Arbeiten sehr anschaulich berichtet. Sie verwenden dabei bei einseitiger Erdung die Elektrodenanordnungen: Spitze-Spitze, Spitze-Platte, Kugel-Spitze, Kugel-Kugel. Als Stoßspannungsquelle diente ein Stoßgenerator für 2000 kV[1]). Meßmittel waren stehende Aufnahmen des Funkens, ferner Aufnahmen mit der rotierenden Kamera[2]), die ja eine Zergliederung der Entstehungsgeschichte des Funkens gestatten, und kathodenstrahloszillographische Aufnahmen an den Elektroden der Entladungsstrecke.

Die Entwicklung des langen Funkens weist weitgehende Parallelen zur Entstehung der Blitzentladung auf. Bei der Elektrodenanordnung: negative Spitze gegenüber geerdeter Platte, wächst von der negativen Spitze eine Vorentladung gegen Erde vor; bei der Elektrodenanordnung positive Spitze gegen geerdete positive Elektrode geht von beiden Elektroden eine Vorentladung aus. Diese Vorentladungen laufen manchmal in einem Zuge von der einen zur anderen Elektrode durch, manchmal jedoch zeigen sie das gleiche, in Unterbrechungen ruckartige Vorwachsen, wie es bei der ersten Vorentladung eines Blitzes beobachtet wurde. Die Vorentladung ist oft mannigfaltig verzweigt; diese Verzweigungen verlaufen in der Entwicklungsrichtung des sich bildenden Entladungskanals, so daß der Richtungsverlauf solcher Seitenäste geradezu als Kriterium für die Entwicklungsrichtung der Vorentladung angesehen werden kann. Die Hauptentladung setzt ein, wenn die Vorentladung die gegenüberliegende Elektrode erreicht hat, verläuft also der Entwicklungsrichtung der Vorentladung entgegengesetzt. Die Vorwachsgeschwindigkeit der Vorentladung wurde zu 10^1 bis 10^7 cm/s gemessen, sie liegt also etwa um eine Größenordnung niedriger als bei der Blitzentladung. Die Vorwachsgeschwindigkeit der Hauptentladung konnte mit der vorliegenden Einrichtung nicht bestimmt werden[3]). Gleichzeitig aufgenommene Strom- und Spannungsoszillogramme des Entladungsvorganges bestätigen die photographisch erhaltenen Ergebnisse. Auch wurden Funken in rascher zeitlicher Aufeinanderfolge untersucht; sie zeigen bis zu einem gewissen Grade einen ähnlichen Ablauf wie diejenigen eines Mehrfachblitzes: bei den nachfolgenden Entladungen eines Blitzes, die sich in der bereits vorgezeichneten Blitzbahn abspielen, gelangt die Vorentladung mit einer Vorwachsgeschwindigkeit, die derjenigen der Hauptentladung entspricht, in einem Zuge von der Wolke zur Erde. Beim Mehrfachfunken kann man bei den Nachfolgeentladungen keine Vorentladungen erkennen; man muß also schließen, daß diese entweder nicht vorhanden sind, oder daß die Kamera, die ja auch die Vorwachsgeschwindigkeit der Hauptentladung nicht zu bestimmen gestattete, nicht fähig ist, Vorentladung und Hauptentladung aufzulösen.

Auch bei den Untersuchungen bei niedrigen Drucken ergaben sich dieselben Verhältnisse: der Entladungsvorgang wird durch eine Vorentladung eingeleitet, der dann die Hauptentladung nachfolgt. *Stl.*

DK 621.3.025.3 : .012.1

Beitrag zur Theorie einer frequenzunabhängigen Spannungsdrehfeldscheider-Schaltung. [Nach G. Hauffe, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 3, S. 201; 5½ S., 1 Abb.]

Die Frequenzabhängigkeit der aus Blind- und Wirkwiderständen aufgebauten statischen Drehfeldscheider führt zu der Forderung, frequenzunabhängige Drehfeldscheiderschaltungen zu entwickeln. Eine solche Schaltung besteht aus einer Drehfeldmaschine, deren einachsig bewickelter Läufer synchron im Sinne des mit — bzw. des gegenläufigen Drehflusses, die sich bei unsymmetrischen Ständerklemmenspannungen an der Drehfeldmaschine einstellen, angetrieben wird. Im ersteren Fall kann der synchrone Antrieb erspart werden, wenn der Läufer der Drehfeldmaschine eine Anlauf-Käfigwicklung zum asynchronen Anlauf und eine Gleichstromerregung — entweder in einer besonderen, zur Läufermeßwicklung beliebig gelagerten Erregerwicklung oder in der Meßwicklung selbst — erhält. Die an der umlaufenden Läufer-Meßwicklung meßbare Klemmenspannung ist frequenzunabhängig und je nach dem Umlaufsinn ein Maß für die gegenläufige oder die mitläufige symmetrische Komponente der unsymmetrischen Ständerklemmenspannungen. Zur Bestimmung der mitläufigen symmetrischen Komponente ist der Synchronantrieb durch Hilfsmotor unentbehrlich. Wird zur Bestimmung der gegenläufigen symmetrischen

1) T. E. Allibone u. B. F. J. Schonland, Nature 134 (1934) S. 736. — R. Strigel, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 15 (1936) S. 13, s. auch ETZ 59 (1938) S. 1. — J. S. Stekolnikov, Elektritschestwo 8 (1937) S. 49.

1) F. S. Edwards u. G. J. Scoles, Engineering 144 (1937) S. 222.

2) B. F. J. Schonland u. H. Collens, Proc. roy. Soc., Lond. A, 143 (1933) S. 654.

3) Sie kann nach der in Fußnote 1 angeführten Arbeit von R. Strigel bei einer Stoßspannung, die etwa 30 bis 40% über der Mindeststoßüberschlagsspannung liegt, bis zu 1/10 Lichtgeschwindigkeit erreichen und ist von einem neuerlichen Entladungsumschlag begleitet.

Komponente Eigenantrieb der Drehfeldmaschine vorgesehen und wird hierzu die Läufermeßwicklung gleichzeitig als Erregerwicklung benutzt, so sind an diese zwei Spannungsmesser anzulegen, deren einer den arithmetischen Mittelwert der Klemmenspannung an der Läufer-Meßwicklung anzeigt. Aus beiden Anzeigen ist die gegenläufige symmetrische Komponente einfach zu berechnen.

Zur frequenzunabhängigen Stromdrehfeldscheidung ist aus den zu untersuchenden drei Strömen mittels dreier gleicher Widerstände ein unsymmetrisches Drehstrom-Spannungssystem zu bilden, wodurch die Stromdrehfeldscheidung auf eine Spannungsdrehfeldscheidung zurückgeführt wird.

DK 621.315.615.012

Verhalten von Isolieröl bei konstanter Temperatur und Feuchtigkeit. [Nach H. Hirai, Electrotechn. J., Tokio 2 (1938) S. 206; 3½ S., 11 Abb.]

Der Verfasser faßt einleitend die Ergebnisse der bekannten Versuche z. B. von Clark und Walther zusammen und kommt dabei zu dem Schluß, daß nicht eindeutig geklärt ist, ob der absorbierten Luft oder der absorbierten Feuchtigkeit der Hauptanteil an der Beeinflussung der dielektrischen Festigkeit von Isolieröl zukommt. Um daher die Überlegenheit des einen oder anderen Stoffes festzustellen, untersucht der Verfasser die Vorgänge der Absorption von Luft oder Feuchtigkeit in Öl und ihren Zustand danach. Untersucht wird entgastes und getrocknetes Transformatorenöl in Luft von jeweils konstanter Temperatur und Feuchtigkeit. Das unbehandelte Öl wurde auf 100° C erhitzt und durch einen Glasfilter filtriert und alsdann in einem Gefäß unter einem Vakuum von 1 bis 2 Torr aufbewahrt. Kleinere so behandelte Ölmengen wurden in Kolben von je 500 cm³ konstanter Temperatur und Feuchtigkeit ausgesetzt und in gleichen Abständen die Menge von absorbierter Luft und Feuchtigkeit, sowie die dielektrische Festigkeit und der Ladestrom jeweils bei Temperaturen von 15, 25 und 33° C und relativen Feuchtigkeiten von 50, 70 und 87 % ermittelt. Die Aufnahme von Luft wird dabei über die Druckzunahme und die der Feuchtigkeit über die Gewichtszunahme ermittelt. Die Ölfestigkeit wurde mit Wechselstrom bei einer Steigerung von 1 kV/s zwischen Kugelelektroden von 12 mm Dmr. bei einem Abstand von 1 mm festgestellt. Die Stromaufnahme wurde mit Gleichstrom zwischen Plattenelektroden von 50 mm Dmr. bei einem Abstand von 0,5 mm über ein Galvanometer gemessen.

Aus den Versuchen zeigt sich, daß die Absorption von Luft in Öl abhängig ist von dem Grad der Luftfeuchtigkeit. Bei höherer relativer Luftfeuchtigkeit nimmt das Öl weniger Luft auf als bei niedrigerer relativer Luftfeuchtigkeit. Dabei tritt diese Erscheinung deutlicher auf bei niedrigeren Versuchstemperaturen. Auch die Absorption von Feuchtigkeit in Öl ist von der Luftfeuchtigkeit abhängig. Bei höherer relativer Luftfeuchtigkeit ist die Feuchtigkeitsaufnahme im Öl eine größere als bei niedriger relativer Luftfeuchtigkeit. Hier zeigen sich aber bei Temperaturen von 25° und 33° C zwischen 87 % und 70 % relativer Luftfeuchtigkeit praktisch keine Unterschiede mehr. Diese Erscheinung führt der Verfasser auf die Änderung der Löslichkeit von Feuchtigkeit in Öl mit der Temperatur zurück. Von einer bestimmten Temperatur an und bei wachsender Luftfeuchtigkeit nimmt das Öl keine Feuchtigkeit mehr auf.

Die Kurven über dem Öldurchschlag zeigen eine entsprechende Ähnlichkeit mit den Kurven, welche die Abhängigkeit der Feuchtigkeitsabsorption in Öl von der relativen Luftfeuchtigkeit darstellen. Ähnlich liegen auch die Ergebnisse über die Stromaufnahme in Öl bei verschiedener Luftfeuchtigkeit.

Zusammenfassend bringt also die Arbeit eine Bestätigung zahlreicher früherer Versuche, daß die zeitliche Verschlechterung eines Öles ihre Ursache hat in der Aufnahme von Feuchtigkeit aus der Luft. *Cdi.*

Physik.

DK 621.386.16 : 537.531

Über ein Verfahren zur Erzeugung intensiver Röntgenblitze. [Nach M. Steenbeck, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 17 (1938) S. 1; 17½ S., 19 Abb.]

M. Steenbeck berichtet über ein Röntgenrohr, das kurzzeitig eine derart intensive Röntgenstrahlung erzeugen kann, daß Röntgenaufnahmen innerhalb einer Zeitdauer von weniger als 1 µs erhalten werden können. Das Röntgenrohr besitzt eine hochemittierende Oxydkathode oder aber eine Quecksilberkathode. Seine Anode ist aus einem Werkstoff hoher Ordnungszahl (Tantal, Wolfram-Quecksilber) hergestellt. Zur Aufnahme wird ein Kondensator von etwa 10 bis 100 nF über das Röntgenrohr entladen, der auf 5 bis 150 kV aufgeladen ist. Dabei treffen dann Elektronenströme, deren Scheitelwert bis zu mehreren 1000 A betragen kann, auf die Anode und erzeugen dort eine Röntgenstrahlung mit einer Intensität, die etwa 1000- bis 10000mal größer ist als bei den besten Hochvakuum-Röntgenröhren. Nach einer eingehenden Diskussion des Entladevorganges, der oberen Begrenzung des Entladungsstromes und der größtmöglichen Stromänderungsgeschwindigkeit geht der Verfasser ausführlich auf die Frage der Anodenkühlung ein. Da wegen der außerordentlich kurzen Entladungsdauer die auf der Anodenoberfläche durch das Elektronenbombardement erzeugte Wärmewelle nur sehr wenig in die Anode eindringen kann, so wird trotz der kurzen Entladungszeit die Temperatur an der Anodenbrennfleckstelle außerordentlich hoch, so daß

a — *a* weiches Erlenholz

b — *b* hartes Weißbuchenholz

Abb. 9. Durchschießen eines Holzbrettes mit einem Kleinkaliber-Bleigeschoß.

bereits bei ziemlich kleinen Röntgenstrahlmengen Anodenverdampfung eintritt. Deshalb ist der Verfasser im Laufe seiner Arbeiten von festen Anodenwerkstoffen, wie Wolfram, Tantal, abgekommen und verwendet Quecksilber. Eine solche Anode hat er bis zu 2000 Ws/cm² belastet, ohne daß irgendwelche Störerscheinungen auftraten, d. h. er konnte mit einer etwa 500mal größeren spezifischen Anodenbelastung arbeiten, als dies bei Wolframanoden zulässig gewesen wäre. Natürlich verdampft auch dabei eine gewisse Menge des Quecksilbers, die sich an den Seitenwänden des Entladungsrohres niederschlägt; jedoch hat sich diese Verdampfung in keiner Weise unangenehm bei den durchgeführten Röntgenuntersuchungen bemerkbar gemacht. Die Verwendungsmöglichkeit des Röntgenrohres wird durch eine Reihe von Aufnahmen belegt, die einmal die erzielbare Abbildungsschärfe zeigen und anderseits auch die außerordentlich kurze Dauer des Röntgenblitzes erkennen lassen. Von den vom Verfasser wiedergegebenen Bildern sei in Abb. 9 das Durchschießen eines Holzbrettes mit einem Blei-Kleinkalibergeschoß angeführt. Die linke Aufnahmenreihe bezieht sich auf weiches Erlenholz, die rechte auf Weißbuchenholz. Die Bilder sind Einzelbilder und keine Zeitlupenaufnahmen. Durch weiches Holz tritt das Geschoß ohne wesentliche Deformation; im Schußkanal ist abgeschabtes Blei deutlich erkennbar. Beim Durchgang durch Hartholz hingegen zeigt sich schon in geringer Eindringtiefe eine starke Deformation des Geschosses und anschließend eine völlige Zersplitterung von Geschoß und Holzbrett. *Stl.*

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.

Verzeichnis der VDE-Arbeiten.

Das neue „Verzeichnis der VDE-Arbeiten" (VDE 0001/III. 39) ist soeben „nach dem Stande am 1. März 1939" erschienen. Es führt alle VDE-Arbeiten auf, die an diesem Tage gültig waren, und nennt die Preise der entsprechenden Sonderdrucke. Wir bitten, bei Bestellung von VDE-Sonderdrucken künftig nur noch VDE 0001/III. 39 zugrunde zu legen.

Das Verzeichnis kann von der ETZ-Verlag GmbH, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, VDE-Haus, kostenlos bezogen werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Bezirk Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Niederschrift über die Jahresversammlung am 31. 1. 1939.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen.
2. Jahresbericht.
3. Kassenbericht.
4. Wahl der Rechnungsprüfer.
5. Vortrag des Herrn Professor Dr. Dr. h. c. P. Debye, Berlin, über das Thema: „Die Supraleitung".

Vorsitz: Herr Professor Dr.-Ing. Kloss VDE.

Zu Punkt 1:

Vorsitzender: „Ich habe zunächst eine Mitteilung zu wiederholen, die ich bereits vor 14 Tagen in der außerordentlichen Bezirksversammlung gemacht habe, dahingehend, daß der Vorstand des VDE beschlossen hat, die Zeitschrift ‚Elektrotechnik und Maschinenbau', die Sie alle unter der Kurzbezeichnung ‚E und M' kennen und die bisher von dem ehemaligen Elektrotechnischen Verein in Wien herausgegeben wurde, vom Jahre 1939 ab durch den VDE selbst herauszugeben.

Als nach dem Anschluß der Ostmark erörtert werden mußte, ob die ‚E und M' weiterbestehen soll oder einzustellen sei, kamen von vielen Fachgenossen Zuschriften, die die Einstellung dieser Zeitschrift sehr bedauert haben würden. Der Fortbestand dieser im 56. Jahrgang erscheinenden und im In- und Auslande hochangesehenen Zeitschrift ist nunmehr gesichert, und es ist beabsichtigt, der bisherigen Tradition folgend, in ihr das Gebiet des Elektromaschinenbaues ganz besonders zu pflegen. Die beiden ersten Nummern sind bereits herausgekommen. Sie werden daraus ersehen haben, daß in der Erscheinungsweise insofern eine Änderung eingetreten ist, als die Zeitschrift von jetzt ab 14tägig in Doppelheften erscheint. Die Leitung der Zeitschrift wird in den Händen von Professor Dr. Heinrich Sequenz in Wien liegen, der sie auch schon seit Anfang vorigen Jahres betreut hat. Der Bezugspreis beträgt jährlich RM 24.—, für VDE-Mitglieder RM 20.—. Der Bezug kann bestellt werden entweder bei der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, oder auch unmittelbar bei der Zeitschrift ‚Elektrotechnik u. Maschinenbau', Wien VI, Theobaldgasse 12.

Der VDE-Vorstand erblickt in der Weiterführung von ‚E und M' die Erfüllung einer Ehrenpficht der deutschen Elektrotechnik unserer Ostmark gegenüber, und ich bitte Sie daher, dem VDE die Durchführung dieser Aufgabe dadurch zu erleichtern, daß möglichst zahlreiche Mitglieder sich zum Bezug von ‚E und M' entschließen."

Darauf gibt der Vorsitzende die im Februar 1939 stattfindenden Vortragsveranstaltungen bekannt.

Zu Punkt 2:

Vorsitzender: „Wir gedenken zunächst unserer im vergangenen Jahre verstorbenen Mitglieder. Es sind dies:

Behn-Eschenburg, Hans, Dr. phil., Dr. sc. techn. h. c., Küßnacht.
Boas, Hans, Dr. Fabrikbesitzer, Berlin.
Cahen, Henri, Präsident, Paris.
Dummann, Willi, Betr.-Techniker, Landsberg (Warthe).
Fleckenstein, Florian, Direktor, Berlin.
Gerstmeyer, Max, Reg.-Baumstr. a. D., Privatdozent a. D., Berlin.
Goerisch, Karl, Ingenieur, Marienbad.
Grob, Hugo, Dipl.-Ing., Berlin.
Hoepfner, Karl, Ministerialdirektor, Berlin.
Hunder, Oskar, Elektromeister, Landsberg (Warthe).
Kemmerich, Joseph, Oberingenieur, Cottbus.
Puppe, Heinz, Dipl.-Ing., Berlin.
Rickmann, Erich, Ingenieur, Berlin.
Rütze, Max, Techniker, Landsberg (Warthe).
Stoecker, Otto, Direktor, Berlin.
Thury, René, Professor Dr. sc. techn. h. c., Genf.
Vahl, Hugo, Dipl.-Ing., Berlin.
Werner, Hugo, Direktor a. D., Berlin.
Wiessner, Paul, Oberingenieur, Berlin.
Wunder, Wilhelm, Oberingenieur, Berlin.

Wir werden allen diesen Mitgliedern stets ein gutes Andenken bewahren. Sie haben sich zu Ehren der Verstorbenen erhoben. Ich danke Ihnen.

Nun habe ich zunächst über die Vortragsveranstaltungen, die ja immer einen besonderen Raum in unserm Vereinsleben einnehmen, zu berichten:

Im Jahre 1938 wurden in Berlin 7 Bezirksversammlungen und 19 Fachversammlungen, im Stützpunkt Frankfurt (Oder) 2 Fachversammlungen und im Stützpunkt Landsberg (Warthe) 3 Fachversammlungen abgehalten. Das Fachgebiet ‚Funktechnik und Verstärkertechnik' (Leiter: Professor Dr. Faßbender) steht mit 5 Fachversammlungen wiederum an der Spitze. Es folgen dann die Fachgebiete ‚Elektrowärme' (Leiter: Dipl.-Ing. Masukowitz) mit 4 und ‚Installationstechnik' (Leiter: Oberingenieur Hoeres) mit 3 Fachversammlungen. Die Beteiligung war bei allen Veranstaltungen durchweg gut. Wir dürfen daraus entnehmen, daß es uns gelungen ist, unser Programm stets aktuell zu gestalten. Ich sage daher den Fachgebietsleitern, den Vortragenden und allen, die bei der Vorbereitung der Vorträge mitgewirkt haben, aufrichtigen Dank für ihre Mühe.

Die Teilnahme der Mitglieder an den 5 im Berichtsjahr durchgeführten Besichtigungen war wieder so rege, daß leider auch in diesem Jahre nicht immer alle Kartenbestellungen berücksichtigt werden konnten. Auch hier ist es mir eine angenehme Pflicht, den Firmen und Behörden, die uns durch ihr Entgegenkommen die Möglichkeit einer Besichtigung ihrer Betriebe boten, verbindlichst zu danken.

Die Vorbereitung der Vorträge und Besichtigungen, die früher in den Händen des Vortragsausschusses (Leiter: Professor Dr. phil. Wallot) lag, wird seit der im September 1938 erfolgten Auflösung dieses Ausschusses von dem am 1. 9. 1938 neueingesetzten Hauptausschuß (Leiter: Professor Dr.-Ing. Moeller) betreut. Ich habe den Mitgliedern sowohl des alten wie des neuen Ausschusses für ihre überaus wertvolle und fruchtbare Mitarbeit herzlich zu danken.

Die Zahl unserer Fachgebiete ist im Berichtsjahr infolge der Auflösung des Fachgebietes ‚Meßtechnik' (Leiter: Oberpostrat Dr. phil. Moench) von 18 auf 17 gesunken. Es hatte sich als unzweckmäßig herausgestellt, die Meßtechnik, die ja in allen Fachgebieten eine Rolle spielt, noch besonders durch einen Fachgebietsausschuß zu betreuen. In einigen Fachgebieten sind neue Leiter eingesetzt worden. Es sind dies die Herren Direktor Dr.-Ing. Körfer für das Fachgebiet ‚Elektrizitätswirtschaft', Professor Dr. phil. Schröter für das Fachgebiet ‚Fernsehen und Bildübertragung' und Dipl.-Ing. Zillmer für das Fachgebiet ‚Elektrowärme'.

Die einzelnen Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure hatten im Jahre 1938 insgesamt 122 Zusammenkünfte. Die Beteiligung war in fast allen Arbeitsgemeinschaften so groß, daß sich das Jungingenieurzimmer, das wir vor zwei Jahren bei uns im VDE-Haus eingerichtet haben, als zu klein erwies. Wir sind daher dazu übergegangen, den Jungingenieuren nach Möglichkeit die größeren Räume im 1. Stock des VDE-Hauses für ihre Arbeitsabende zur Verfügung zu stellen. Die fleißige Arbeit der Leiter der einzelnen Arbeitsgemeinschaften sowie der erfreuliche Eifer, den wir immer wieder in allen Arbeitsgemeinschaften feststellen konnten, veranlaßte uns, für die Teilnahme einer größeren Anzahl Jungingenieure an der VDE-Mitgliederversammlung in Köln im Mai 1938 einen größeren Betrag zur Verfügung zu stellen. Wir hoffen, auch im Jahre 1939 wieder einen Zuschuß für die Fahrt zur diesmal in Wien stattfindenden VDE-Jahresversammlung bewilligen zu können.

Der ‚Gemeinsame Fachausschuß des VDE Bezirk Berlin-Brandenburg mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule Berlin' (Leiter: Dr.-Ing. E. h. Trettin) hat im Berichtsjahr die bereits im Jahre 1937 begonnene Vortragsreihe ‚Partielle Differentialgleichungen in der Elektrotechnik' (16 Einzelvorträge) zu Ende geführt und eine neue Vortragsreihe ‚Das freie Elektron in der Physik und Technik' (12 Einzelvorträge) begonnen. Leider mußte auch bei dieser Vortragsreihe die Erfahrung gemacht werden, daß der größte uns zur Verfügung stehende Hörsaal der Technischen Hochschule, der Große Hörsaal des Physikalischen Instituts, nicht ausreicht, um alle Hörer zu fassen, die an so wertvollen Vortragsreihen interessiert sind, wie sie unser Fachausschuß in dankenswerter Weise veranstaltet.

Weiterhin kann ich die erfreuliche Mitteilung machen, daß gegen Ende des Jahres 1938 unser ‚Ausschuß für geschichtliche Arbeiten' wieder zu neuem Leben erweckt worden ist und unter der Leitung von Herrn Oberingenieur Zehme eine Neubesetzung erfahren hat. Ich hoffe, schon in allernächster Zeit über die Pläne des Geschichtsausschusses berichten zu können.

In gebietlicher Hinsicht hat unser Bezirk einige Änderungen erfahren. Im Zuge der Neuorganisation der technisch-wissenschaftlichen Vereine durch den NSBDT. ist der Wunsch entstanden, die Grenzen der VDE-Bezirke den politischen Gaugrenzen anzugleichen. Dies hat nun dazu geführt, daß der Bezirk Berlin-Brandenburg mit Ablauf des Jahres 1938 die früher zu ihm gehörenden Gebiete Kurmark, Mecklenburg und einen Teil des Gaugebiets Halle-Merseburg an andere bestehende VDE-Bezirke bzw. an den neugebildeten VDE-Bezirk ‚Kurmark' abgegeben hat. Beiläufig bemerke ich hierzu, daß laut Verfügung des Führers der Gau ‚Kurmark' von jetzt ab die Bezeichnung Gau ‚Mark Brandenburg' führt. Die Abtretung der erwähnten Gebietsteile bedeutet für uns einen Verlust von insgesamt über 700 Mitgliedern. Glücklicherweise war der Zuwachs an neu eintretenden Mitgliedern so stark, daß wir trotz aller Abgänge im Berichtsjahr unsern Mitgliederstand von 3825 auf 4191, d. h. um 366 Mitglieder erhöhen konnten.

Die Abtretung der eben erwähnten Gebiete läßt es uns nun erforderlich erscheinen, die Bezeichnung unseres Bezirks von ‚Berlin-Brandenburg' in ‚Berlin' zu ändern. Wir werden den entsprechenden Antrag in den nächsten Tagen beim Registergericht stellen. Die Ermächtigung, derartige satzungsändernde Maßnahmen treffen zu können, hatten Sie mir bereits in der Bezirksversammlung vom 26. 4. 1938 erteilt.

Zur Sache selbst darf man wohl sagen, daß die Trennung der VDE-Bezirke ‚Berlin' und ‚Kurmark' vielfach nicht als glücklich empfunden wird. Aus vielen Zuschriften und telephonischen Anrufen von Mitgliedern, deren Wohnort verkehrstechnisch viel günstiger zu Berlin als zu beispielsweise Frankfurt (Oder) liegt, haben wir ersehen müssen, daß diese Mitglieder nicht immer ganz mit ihrer Überschreibung zum Bezirk ‚Kurmark' einverstanden waren. Wir müssen Sie jedoch bitten, für die Notwendigkeit der Angleichung an die politischen Gaugrenzen Verständnis zu haben, und brauchen wohl nicht besonders zu betonen, daß auch die VDE-Mitglieder benachbarter Bezirke bei unseren Veranstaltungen hier in Berlin, über die sie ja durch die ETZ stets unterrichtet sind, nach wie vor gern gesehene Gäste sein werden. Es spielt also wirklich keine Rolle, ob sie in der Mitgliederliste des Bezirks ‚Berlin' oder des Bezirks ‚Kurmark' bzw. ‚Mark Brandenburg' stehen.

Unsere gesellschaftlichen Veranstaltungen, nämlich das Winterfest am 8. 1. 1938 und der Sommerausflug am 9. 7. 1938, nahmen den gewohnt schönen Verlauf. Das veranlaßt mich, Herrn Direktor Ziehl, der sich bei der Vorbereitung dieser Veranstaltungen sehr eingesetzt hat, besonders zu danken.

Das Fest der Technik am 5. 11. 1938 war von unseren Mitgliedern gut besucht und brachte unserm Unterstützungsfonds infolgedessen einen beachtlichen Überschußanteil, nämlich 2 911,50 RM."

Zu Punkt 3:

Vorsitzender: „Hierzu muß ich Ihnen mitteilen, daß unser Schatzmeister den Kassenbericht erst in nächster Zeit wird geben können. Da die Mitgliedsbeiträge seit dem 1. 1. 1938 nicht mehr von uns selbst, sondern von der Hauptgeschäftsstelle unseres Verbandes für alle Bezirke eingezogen werden, und da die Abrechnung unseres Hauptverbandes für den Rest des Jahres 1938 noch nicht vorliegt, können auch wir unseren Jahresabschluß noch nicht vorlegen."

Zu Punkt 4:

Vorsitzender: „Als Rechnungsprüfer sind mir die Herren Fassbender und Moench vorgeschlagen worden. Die Herren haben sich zur Annahme dieses Amtes bereit erklärt. Falls sich kein Widerspruch erhebt — das ist nicht der Fall — darf ich die beiden Herren als gewählt betrachten und bitten, zur gegebenen Zeit die Rechnungsprüfung vorzunehmen und dann hier über das Ergebnis zu berichten."

Zu Punkt 5:

Herr Debye hält seinen mit großem Beifall aufgenommenen Vortrag über „Die Supraleitung". Mit herzlichen Dankesworten an den Vortragenden schließt der Vorsitzende die Versammlung.

VDE Bezirk Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
M. Kloss.

Bezirksversammlung

am Dienstag, dem 28. März 1939, 20^{00}, im Großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22.

Vortrag

des Herrn Reichsbahndirektor O. Michel VDE, München, über das Thema:

„Die elektrische Zugförderung im Großdeutschen Reich".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im VDE-Haus, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
23. 3. 1939 „Hochvakuumröhren".

Industrieanlagen. Leiter: Dr.-Ing. R. v. Meibom VDE.
24. 3. 1939, 8^{00}, Besichtigung der Meierei C. Bolle. Begrenzte Teilnehmerzahl. Telef. Anmeldung erforderlich unter 34 00 11, App. 2607.

Kabel und Leitungen. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. O. Gasser VDE.
27. 3. 1939 Vortragsreihe „Untersuchungen an Baustoffen für Kabel und Leitungen". Zusammenfassung und Fortsetzung der Aussprachen.

Elektrische Bahnen. Leiter: Reichsbahn-Bauassessor Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.
28. 3. 1939 Der vorgesehene Vortrag fällt aus, da die Arbeitsgemeinschaft den Vortrag des Herrn Reichsbahndirektor O. Michel VDE im Großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der T.H. besucht.

Stromrichter. Leiter: Dr.-Ing. E. Kübler VDE.
29. 3. 1939 „Spannungsverzerrung in Hochspannungsnetzen bei Resonanz mit Stromrichteroberwellen und Rückwirkung auf den Stromrichterbetrieb", Vortragender: Dr.-Ing. E. Kübler VDE.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
30. 3. 1939 Vortragsreihe „Ultrakurz- und Dezimeterwellentechnik": „Wissenschaftliche Grundlagen der Dezimeterwellentechnik", Vortragender: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.

VDE Bezirk Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

(Fortsetzung S. 383.)

Staatliches Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem
Unter den Eichen 87. Fernsprecher: 76 27 51.

Bekanntmachung über typisierte und überwachte Preßstoffe[1]).

Die auf Grund der „Typisierung der gummifreien nichtkeramischen Isolierpreßstoffe"[2]) vom Staatlichen Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem gemäß Vertrag mit der „Technische Vereinigung der Hersteller typisierter Preßmassen und Preßstoffe e. V.", Berlin, überwachten Preßstoffe[1]) sind in den folgenden Tafeln I, II und III zusammengestellt.

Diejenigen Preßstoff-Typen, welche außer den normalen mechanischen, thermischen und elektrischen Bedingungen noch den in der Typisierung aufgeführten elektrischen Sonderanforderungen genügen und als Zusatz zum Typzeichen einen Stern führen, sind als Tafel III gesondert aufgeführt.

Die in den Zeitschriften „Kunstharze und andere Plastische Massen" 8 (1938) S. 210 f., „ETZ" 59 (1938) S. **734** f. und „Kunststoffe" 28 (1938) S. 184 f. bekanntgegebenen Tafeln I, II und III sind hiermit ungültig.

Berlin-Dahlem, den 10. 2. 1939.

Der Präsident:
Seidl

[1]) Preßstoffe im Sinne dieser Bekanntmachung sind die in der „Typisierung der gummifreien nichtkeramischen Isolierpreßstoffe" (vgl. Anm. 2) aufgeführten Stoffe, welche aus Preß- oder Spritzmassen im Preß-, Preßspritz- oder Spritzverfahren als Formkörper (Preßlinge) hergestellt werden.
[2]) Vgl.: Plastische Massen 7 (1937) S. 339; ETZ 58 (1937) S. 1254; Kunststoffe 27 (1937) S. 330.

Tafel I

Firma	Firmen-Kennzeichen i. Überwach.-zeichen	Typ 1_1	Typ 1_2	Typ M	Typ O	Typ S	Typ T_1	Typ T_2	Typ T_3	Typ Z_1	Typ Z_2	Typ Z_3	Typ K
Emil Adolff. Abt. Kunstharz-Presswerk, Reutlingen i. Württ.	H 2	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Gebrüder Adt Aktiengesellschaft, Ensheim (Saar)	36	—	siehe Tafel II		—	—	—	—	—	—	—	—	—
Agalitwerk Milspe, Kattwinkel & Co., Milspe i. Westf.	T 8	—	siehe Tafel II		—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Fabriken Hennigsdorf, Hennigsdorf (Osthavelland)	38	Tenacit Typ 1_1	Tenacit Typ 1_2	Tenacit Typ M	Tenacit Typ 0	Tenacit Typ S	Tenacit Typ T_1	Tenacit Typ T_2	Tenacit Typ T_3	Tenacit Typ Z_1	Tenacit Typ Z_2	Tenacit Typ Z_3	Tenacit Typ K
Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Fabriken Annaberg, Annaberg i. Erzgeb.													
Presswerk Scheibenberg i. Erzgeb.	38 A	,,	,,	,,	,,	,,	,,	,,	,,	,,	,,	,,	,,
Presswerk Freiberg i. Sa.	38 F	,,	,,	,,	,,	,,	,,	,,	,,	,,	,,	,,	,,
Alusil-Preßstoffwerk Eugen Gassmann, Probstzella i. Thür.	F 1	—	Alusil 1_2	—	—	Alusil S	—	—	—	—	—	—	—
Robert Anke, Porzellanfabrik, Ölsnitz i. Vogtl.	F 4	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K
Apparatebauanstalt Schneider & Co., Breslau-Gr. Ohlewiesen	U 4	—	—	—	—	Escolith S	—	—	—	—	—	—	—
Bachmann & Leichsenring, Berlin-Neukölln	V 4	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T_2	—	—	—	—	—
Ernst Backhaus & Co., Kierspe-Bahnhof i. Westf.	53	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ Z_3	Preßstoff Typ K
Otto Backhaus, Bollwerk i. Westf.	F 0	Preßstoff Typ 1_1	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K
Bamberger Industrie-Gesellschaft, Bamberg i. Bayern	T 4	—	—	—	—	Bigelit	—	—	—	—	—	—	—
Bayerische Elektrozubehör G.m.b.H., Lauf bei Nürnberg	67	—	Bezeg 1_2	—	—	Bezeg S	Bezeg T_1	Bezeg T_2	—	—	—	—	Bezeg K
Bebrit-Preßstoffwerke G. m. b. H., Bebra u. C. & F. Schlothauer G. m. b. H., Ruhla (Thür.); Bebra (H.-N.)	22	Bebrit 1_1	—	—	—	Bebrit S	—	Preßstoff Typ T_2	—	—	Preßstoff Typ Z_2	—	Preßstoff Typ K
Bender & Wirth, Kierspe-Bahnhof i. Westf.	M 1	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Gebr. Berker, Schalksmühle i. Westf.	80	—	—	—	—	Isolierpanzer Typ S	—	Isolierpanzer Typ T_2	—	—	Isolierpanzer Typ Z_2	—	Isolierpanzer Typ K
Porzellanfabrik Bernhardshütte G. m. b. H., Blechhammer bei Sonneberg i. Thür.	93	Preßstoff Typ 1_1	Preßstoff Typ 1_2	Preßstoff Typ M	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T_2	—	—	—	—	Preßstoff Typ K
Bezet-Werk Hermann Buchholz, Motzen (Krs. Teltow)	76	—	Preßstoff Typ 1_2	—	Preßstoff Typ 0	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T_2	—	—	—	Preßstoff Typ Z_3	—
Bisterfeld & Stolting, Inhaber: Ernst Bisterfeld, Radevormwald (Rhld.)	70	—	Werkstoff Typ 1_2	Werkstoff Typ M	—	Werkstoff Typ S	Werkstoff Typ T_1	Werkstoff Typ T_2	—	Werkstoff Typ Z_1	Werkstoff Typ Z_2	—	Werkstoff Typ K
Blumberg & Co., Lintorf (Bez. Düsseldorf)	W 6	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ T_2	—	—	—	—	—
H. Bodenmüller, Ing., Stuttgart-Zuffenhausen	L 8	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Bonner Keramik Aktiengesellschaft, Bonn a. Rhein	W 2	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T_2	—	—	—	—	—
Robert Bosch G. m. b. H., Metallwerk, Stuttgart-Feuerbach	55	—	—	—	Resiform 0	Resiform S	Resiform T_1	Resiform T_2	—	—	—	—	—
Gustav Branscheid & Co., Lüdenscheid i. Westf.	T 1	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Ernst Bremicker, Ing., Kierspe-Bahnhof i. Westf.	61	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Gebr. Broghammer, Schramberg (Schwarzwald)	F 8	—	—	—	—	Backopreß	—	—	—	—	—	—	—

Firma	Firmen-Kennzeichen i. Überwach.-zeichen	Typ											
		I_1	I_2	M	O	S	T_1	T_2	T_3	Z_1	Z_2	Z_3	K
Brökelmann, Jaeger & Busse, Neheim i. Westf.	L 7	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Karl Buchrucker, München 8	U 5	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Wilh. Burgbacher K.G., Neukirch i. Baden (Station Furtwangen)	T 2	—	—	—	—	Burgwaldharz	—	—	—	—	—	—	—
Busch-Jaeger Lüdenscheider Metallwerke Aktiengesellschaft, Lüdenscheid i. Westf.	23	—	Preßstoff Typ I_2	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T_2	—	—	—	—	Preßstoff Typ K
Gebr. Dahlhaus, Schalksmühle i. Westf.	Z 6	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Dr. Deisting & Co., Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Kierspe i. Westf.	39	—	—	Isolierpreßstoff Typ M	—	Isolierpreßstoff Typ S	—	Isolierpreßstoff Typ T_2	—	—	—	—	Isolierpreßstoff Typ K
Deutsche Legrit-Ges. m. b. H., Berlin O 17	A 4	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Deutsche Philips-Gesellschaft m. b. H., Berlin W 62	58	—	Philit I_2	—	—	Philit S	—	—	—	—	—	—	—
Dornseif & Linde, Kierspe i. Westf.	OM	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Friedrich Dörscheln, Lüdenscheid i. Westf.	99	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Dralowid-Werk der Steatit-Magnesia-Aktiengesellschaft, Teltow bei Berlin	W 3	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Dynamit-Actien-Gesellschaft vormals Alfred Nobel & Co., Abteilung Celluloid-Fabrik, Werk Troisdorf (Bez. Köln); Verkauf durch Venditor, Kunststoff-Verkaufsges. m. b. H., Troisdorf (Bez Köln)	43	Trolitan I/37	Trolitan AF	Trolitan AW	—	Trolitan S, Trolitan SP, Trolitan SPK, Trolitan SD	Trolitan L, Trolitan CL	Trolitan LT	Trolitan T_3	Trolitan C	Trolitan CT	Trolitan FT	Pollopas-normal, spezial u. universal
Eisele Auto-Electric, Inhaber Karl Klos, Frankfurt a. Main 17	Z 5	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Elektrotechnische Fabrik J. Carl, Gesellsch. m. beschr. Haftung, Oberweimar i. Thür.	E O	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Elektrotechnische Fabrik Weber & Co., Komm.-Ges., Kranichfeld i. Thür.	98	—	Preßstoff Typ I_2	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Ellinger & Geißler, Dorfhain (Bez. Dresden)	54	—	—	Elgesit M	Elgesit O	Elgesit S	—	Elgesit T_2	—	—	—	—	Elgesit K
Erlemann & Co., Bergerhof (Rhld.)	OH	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
„Feba" Fabr. elektr. Bedarfsartikel Stückrath K.-G., Berlin SO 36	U 1	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T_2	—	—	—	—	—
Fischer & Klüppelberg vorm. W. Dörner & Co., G. m.b. H., Radevormwald (Rhld.)	Y 7	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Frankl & Kirchner, Elektrizitätsgesellschaft, Mannheim-Neckarau	M 7	—	—	—	—	Efkalit	—	—	—	—	—	—	—
Fresen & Co., Lüdenscheid i. Westf.	V 6	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K
Friemann & Wolf G. m. b. H., Zwickau i. Sa.	H 8	—	—	—	—	Friwocit S	—	—	—	—	—	—	—
Futurit-Werk Aktiengesellschaft, Wien XI.	92	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Oskar Gaudlitz, Coburg	60	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Wilhelm Geiger G. m. b. H., Lüdenscheid i. Westf.	71	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Gerdes & Co., Schwelm i. Westf.	H 4	—	—	—	Preßstoff Typ O	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T_2	—	Preßstoff Typ Z_1	Preßstoff Typ Z_2	—	—
Kunstharz-Presserei Carl Germer, Berlin NW 87	M 3	—	—	—	—	Germalith	—	—	—	—	—	—	—
Christian Geyer, Nürnberg-S	83	—	—	—	—	Norit S	—	—	—	—	Norit Z_2	—	Norit K
Richard Giersiepen, Bergisch Born (Krs. Solingen-Lennep)	M 5	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K
Goltzsche, Merlin & Sohn, Großröhrsdorf i. Sa.	V 3	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Ernst Gomolka, Zehdenick (Mark)	X 8	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Julius Karl Görler, Transformatorenfabrik, Berlin-Charlottenburg 1	X 6	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Goseberg & Grashoff, Kierspe-Bahnhof i. Westf.	Y 3	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ T_1	—	—	—	—	—	—

Firma	Firmen-Kennzeichen i. Überwach.-zeichen	Typ											
		I_1	I_2	M	O	S	T_1	T_2	T_3	Z_1	Z_2	Z_3	K
Ernst Gösser, Iserlohn i. Westf.	X 9	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ Z_3	—
Graewe & Co., Menden i. Westf. (Krs. Iserlohn)	E 8	—	—	—	—	Graconit	—	—	—	—	—	—	—
Kunstharz-Presswerk der Hanf-, Jute- u. Textilit-Industrie A.G., Wien, I.	OL	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		Preßstoff Typ K
Heliowatt-Werke, Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, Berlin-Charlottenburg 4	35	—	—	—	—	Hello-watt S	—	—	—	—	—	—	—
Fritz Heublein, Neustadt b. Coburg	T 7	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K
Kunstharzpresserei M. Hildebrand & E. Hammerschmidt, Brand-Erbisdorf i. Sa.	N 5	—	—	—	—	Preß-stoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preß-stoff Typ K
Paul Hochköpper & Co., Lüdenscheid i. Westf.	87	—	Preß-stoff Typ I_2	—	—	Preß-stoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preß-stoff Typ K
Metallwerke Adolf Hopf Aktiengesellschaft, Tambach-Dietharz i. Thür.	O E		—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Hoppmann & Mulsow, Hamburg 19	L 1	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Herbert Horn, Pulsnitz i. Sa.	Y O	—	—		—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—			—
Gebrüder von der Horst, Lüdenscheid i. Westf.	H 7	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Internationale Galalith-Gesellschaft Hoff & Co., Hamburg-Harburg 1	Z 1	—	—	—	—	Kerit	—	—	—	—			—
Isola Werke A.G., Birkesdorf-Düren (Rhld.)	40	Durax Typ I_1	Durax Typ I_2	Durax Typ M	Durax Typ O	Durax Typ S	Durax Typ T_1	Durax Typ T_2	—	Durax Typ Z_1	—	—	—
Isopress-Werk G. m. b. H., Berlin-Oberschöneweide	L 2	—	—	—	—	Tauma-lit S	Tauma-lit T_1	Tauma-lit T_2	—	Tauma-lit Z_1	—	—	
Dr. Paul Isphording, Kunstharzpresserei, Wepritz bei Landsberg (Warthe)	O N	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preß-stoff Typ T_2		—		—	—
Erich Jaeger K.-G., Bad Homburg v. d. Höhe	95	—	Preß-stoff Typ I_2	—	—	Preß-stoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preß-stoff Typ K
Jaroslaw's Erste Glimmerwaren-Fabrik in Berlin, Berlin-Weißensee	T 6	Jaro-plast I_1	Jaro-plast I_2	Jaro-plast M	Jaro-plast O	Jaro-plast S	—	Jaro-plast T_2	Jaro-plast T_3	—	—	Jaro-plast Z_3	—
Paul Jatow, Dodendorf (Bez. Magdeburg)	E 4	—	—	—	—	Preß-stoff Typ S	—	Preß-stoff Typ T_2	—	—	—	Preß-stoff Typ Z_3	—
Paul Jordan, Elektrotechnische Fabrik, Berlin-Steglitz	N 4	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K
Kaiser & Spelsberg, Schalksmühle i. Westf.	M 6	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Robert Karst, Berlin SW 68	L 9	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	Preßstoff Typ T_1	—	—	—	—	—	—
Heinrich Knöll, Groß-Bieberau i. Odenwald	W 8	—	—	—	—	Odinit S	—	—	—	—	—	—	—
Heinrich Kopp G. m. b. H., Sonneberg i. Thür.	W 1	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K
Leopold Kostal, Lüdenscheid i. Westf.	72	—	Preß-stoff Typ I_2	—	—	Preß-stoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preß-stoff Typ K
Signalapparatefabrik Julius Kräcker Aktiengesellschaft, Berlin SW 61	V 8	—	—	—	—	Preß-stoff Typ S	—	Preß-stoff Typ T_2	—	—		—	—
Theod. Krägeloh & Comp., Dahlerbrück i. Westf.	85	—	—	—	—	Teka-Preßstoff Typ S	—	—	—			—	Teka-Preßstoff Typ K
Kramer & Löbl, Schlag bei Gablonz a. N.	H 5	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—		—	Preßstoff Typ K
Hugo Krieger & Faudt, Berlin SW 68	78	—	—	—	—	Hakalit S	—	Hakalit T_2	—	—	—	—	Hakalit K
Kronacher Porzellanfabrik Stockhardt & Schmidt-Eckert, Kronach i. Bayern	M 4	—	—	—	—	Frankit S	—	—	—	—	—	—	—
Krone & Co., Berlin-Baumschulenweg	L 6	—	Preß-stoff Typ I_2	—	Preß-stoff Typ O	Preß-stoff Typ S	—	Preß-stoff Typ T_2	—	—	—	—	—
Kugella vormals Max Roth G.m.b.H., Mittelschmalkalden (Post Wernshausen)	X 7	—	—	—	—	Preß-stoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Paul Kuhbier & Co., Bollwerk i. Westf.	Z 4	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—		—	—	—	—
Kunstharz-Presserei Schwaben, Ingenieur Otto Single, Plochingen i. Württ.	W 0	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Otto Langmann, Kunstharz-Presswerk, Hagen i. Westf.	H 3	—	—	—	—	Duranit	—	—	—	—	—	—	—

Firma	Firmen-Kennzeichen i. Überwach.-zeichen	Typ 1_1	1_2	M	O	S	T_1	T_2	T_3	Z_1	Z_2	Z_3	K
Linden & Co. G. m. b. H., Lüdenscheid i. Westf.	79	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Lindner & Co., Jecha-Sondershausen i. Thür.	A 8	—	—	—	—	Licolit S	—	—	—	—	—	—	Licolit K
Lohmann & Welschehold, Meinerzhagen i. Westf.	E 9	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K
C. Lorenz Aktiengesellschaft, Berlin-Tempelhof	Y 9	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Carl Friedr. Lübold, Lüdenscheid i. Westf.	M 0	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Märkische Elektro-Industrie Adolf Vedder K.G., Schalksmühle i. Westf.	N 2	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K
Elektrotechnische Fabrik Ernst Maté, Inhaber Richard Brünner, Wien, VII.	N 8	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K
Meirowsky & Co. Aktiengesellschaft, Porz a. Rhein	L 4	—	Pertinit 1_2	—	—	Pertinit S	—	Pertinit T_2	—	—	Pertinit Z_2	—	—
Josef-Mellert, Bretten i. Baden	M 9	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T_2	—	—	Preßstoff Typ Z_2	—	—
Radio H. Mende & Co., Abt. Presswerk „Mendelith", Dresden-N. 15	56	—	Mendelith 1_2	—	Mendelith O	Mendelith S	—	Mendelith T_2	—	—	—	—	—
Gebrüder Merten, Gummersbach (Rhld.)	24	Preßstoff Typ 1_1	Preßstoff Typ 1_2	—	—	Preßstoff Typ S	Preßstoff Typ T_1	Preßstoff Typ T_2	—	—	Preßstoff Typ Z_2	—	Preßstoff Typ K
Metallwerk Elektra G. m. b. H., Gummersbach (Rhld.)	U 6	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	Preßstoff Typ T_1	—	—	—	—	—	—
Mix & Genest Aktiengesellschaft, Berlin-Schöneberg	68	—	—	—	—	Mixit S	—	—	—	—	—	—	Mixit K
Fr. Möller, Brackwede i. Westf.	V 5	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	Preßstoff Typ Z_1	—	—	Preßstoff Typ K
Otto Nettelbeck, Berlin O 17	V 2	—	—	—	Preßstoff Typ O	—	—	—	—	—	—	—	—
New-York Hamburger Gummi-Waaren Compagnie, Hamburg 33	21	Formolit Typ 1_1	—	—	—	Formolit Typ S	Hercules Typ T_1	Hercules Typ T_2	Hercules Typ T_3	Columbus Typ Z_1	Columbus Typ Z_2	Columbus Typ Z_3	—
Österreichische Siemens-Schuckert-Werke (ZV), Wien 24	M 2	—	—	—	—	Protolit S	—	—	—	—	—	—	Protolit K
Ostland G. m. b. H., Königsberg i. Pr. 5	X 5	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Phenoplast, Bischoff & Co., Kom.-Ges., Eberswalde	V 1	—	—	—	—	Phenoplast S	—	Phenoplast T_2	—	—	—	—	—
Plate & Voerster, Kierspe i. Westf.	Z O	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Porzellanfabrik Theodor Pohl, Schatzlar i. Riesengeb.	L 5	—	—	—	—	Thepolit	—	—	—	—	—	—	—
C. Pose, Wehrausrüstungen, Berlin O 34	O F	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ T_2	—	—	—	—	—
Kurt Postel, Köln-Höhenberg	N 6	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Karl Potthoff, Presswerk, Solingen-Ohligs	N 9	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ Z_3	—
Preh, Elektro-Feinmechanische Werke, Bad Neustadt/Saale	U 2	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	Preßstoff Typ T_1	—	—	—	—	—	—
Pressmaterial-Werk Hermann Römmler & Schumann, Komm.-Ges., Berlin-Friedenau	74	—	—	—	—	Rö S	—	Rö T_2	—	—	—	—	—
Preßstoffwerk Nürnberg, Gebrüder Klein, Nürnberg-O.	V 9	—	—	—	—	Heralit S	—	—	—	—	—	—	—
Preßstoffwerk Schöppenstedt, Paul Schnake, Schöppenstedt	81	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T_2	—	Preßstoff Typ Z_1	—	—	Preßstoff Typ K
Presswerk A.G., Essen	45	—	Thesit 1_2	Thesit M	—	Thesit S	Thesit T_1	Thesit T_2	—	Thesit Z_1	Thesit Z_2	Thesit Z_3	—
Presswerk Winkel, Schulte & Conze, Herscheid i. Westf.	51	—	Pehalit 1_2	—	—	Pehalit S	—	—	—	—	—	—	Pehalit K
Wilhelm Quante, Spezialfabrik für Apparate der Fernmeldetechnik, Inhaber: Hermann Quante, Wuppertal-Elberfeld	73	—	—	—	Weculit O	Weculit S	—	Weculit T_2	—	—	—	—	—
Reicolit-Presswerk, Cuno Heinzelmann-Hasberg, Berlin NO 18	N 7	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Gebrüder Reiher K.G., vormals Aktiengesellschaft für Elektrotechnik, Braunschweig	L 0	—	—	—	—	Agfenit S	—	—	—	—	—	—	—
Richard Rinker G. m. b. H., Menden (Krs. Iserlohn)	X 0	—	—	—	—	Isolierpreßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—

Firma	Firmen-Kennzeichen l. Überwach.-zeichen	Typ											
		1_1	1_2	M	O	S	T_1	T_2	T_3	Z_1	Z_2	Z_3	K
H. Römmler Aktiengesellschaft, Spremberg (Nd.-Lausitz)	32	Hares F 1	Hares F 2	Ralotext	—	Hares S	Hares L 1	Hares L 2	Hares L 3	Deurohlit Z_1	Deurohlit Z_2	Deurohlit Z_3	Resopal
Hermann Ros, Coburg	66	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Adolf Ruoff, Kunststoff-Presswerk, Radevormwald (Rhld.)	Y 8	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Schmachtenberg & Türck, Solingen-Wald	Y 5	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Heinrich Schmidberger, Wien XVI.	Z 7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ Z_2	—	—
Schmitz & Gross, Lüdenscheid i. Westf.	Y 6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ Z_3	—
Ludwig Schröder, Schalksmühle i. Westf.	U 9	—	—	—	—	Bonalit	—	—	—	—	—	—	—
Ferdinand Schuchhardt, Berliner Fernsprech- und Telegraphenwerk, Aktiengesellschaft, Berlin SO 16	Y 1	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Max Schulze, Meißen i. Sa.	F 5	—	—	—	—	Schulit S	—	—	—	—	—	—	—
Fabrik isolierter Drähte u. Schnüre, Schulze, Schneider & Dort G. m. b. H., Schönow, Post Bernau bei Berlin	H 9	Preßstoff Typ 1_1	Preßstoff Typ 1_2	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Seckelmann & Co., Lüdenscheid i. Westf.	59	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K
Ernst Albert Senf, Kunstharzpresserei, Bautzen i. Sa.	W 7	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft, Abteilung für Isolierstoffe (SK 4), Berlin-Siemensstadt (Gartenfeld)	34	Eshalit Typ 1_1	Eshalit Typ 1_2	Eshalit Typ M	Eshalit Typ 0	Eshalit Typ S	Eshalit Typ T_1	Eshalit Typ T_2	Eshalit Typ T_3	Eshalit Typ Z_1	Eshalit Typ Z_2	Eshalit Typ Z_3	Eshalit Typ K
Wilhelm Sihn jr., Niefern i. Baden	U 7	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Paul Sobanski, Berlin O 17	Y 4	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Gebr. Spindler, Betr.-Kom.-Ges., Köppelsdorf i. Thür.	E 7	Preßstoff Typ 1_1	Preßstoff Typ 1_2	—	Preßstoff Typ 0	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T_2	—	Preßstoff Typ Z_1	Preßstoff Typ Z_2	Preßstoff Typ Z_3	—
Franz Stauch, Presswerk, Unterrodach i. Ofr.	F 2	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Kurt Steidel, Berlin N 65	86	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
W. Stiefeling, Berlin SO 36	X 1	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T_2	—	—	—	—	—
Elektrotechnische Metallwarenfabrik Storch & Stehmann G. m. b. H., Ruhla i. Thür.	M 8	—	Preßstoff Typ 1_2	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Süddeutsche Isolatoren-Werke G. m. b. H., Freiburg im Breisgau	25	—	Preßstoff Typ 1_2	Preßstoff Typ M	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T_2	—	—	—	—	—
Sursum Elektr.-Gesellschaft Leyhausen & Co., Nürnberg-N	N 1	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Paul Teich, Berlin O 17	82	—	—	—	—	Teasit S	—	—	—	—	—	—	—
Thega-Kontakt G. m. b. H., Berlin SW 19	94	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Thiel & Schuchardt, Metallwarenfabrik Aktiengesellschaft, Ruhla i. Thür.	L 3	—	Tundes 1_2	—	—	Tundes S	Tundes T_1	—	—	—	—	—	—
Bernhard Thormann, Berlin C 2	90	—	—	—	—	Thormalan S	—	—	—	—	—	—	—
Trolitan-Presswerk, Weiskirchen (Bez. Trier)	Z 3	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Gebr. Vedder K.-G., Schalksmühle i. Westf.	84	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K
Vereinigte Isolatorenwerke Aktiengesellschaft (Viacowerke), Berlin-Pankow	31	—	Ambroin 1_2	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T_2	—	—	—	—	—
Hans G. Voigtel & Co., Auma i. Thür.	W 5	—	Preßstoff Typ 1_2	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Volkenrath & Co., Schwenke i. Westf.	A 3	—	Preßstoff Typ 1_2	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K
Gebr. Vollmerhaus, Kierspe-Bahnhof i. Westf.	50	—	—	—	—	Vollmerit S	—	—	—	—	—	—	Vollmerit K
Vossloh-Werke G. m. b. H., Werdohl i. Westf.	E 2	—	—	—	Preßstoff Typ O	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T_2	—	—	—	—	—
Wacker & Doerr, Niederramstadt bei Darmstadt	62	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—

Firma	Firmen-Kennzeichen i. Überwach.-zeichen	Typ											
		1_1	1_2	M	O	S	T_1	T_2	T_3	Z_1	Z_2	Z_3	K
Carl Walther, Waffenfabrik, Zella-Mehlis i. Thür.	V 7	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ T_2	—	—	—	—	—
Karl Wegner, Berlin SW 29	T 3	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Weisse & Co., Gräfenthal i. Thür.	V 0	—	—	—	—	Weipalit	—	—	—	—	—	—	—
Dr. Wellborn & Wernicke, Berlin SO 16	O A	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T_2	—	—	—	—	—
Kurt Wenzel, Berlin-Steglitz	X 3	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	
Westdeutsche Metallindustrie Wilhelm Kötter, Unna i. Westf.	T 0	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Wester, Ebbinghaus & Co., Hanau a. Main	F 9	—	—	—	—	Wecolit Typ S	—	—	—	—	—	—	Wecolit Typ K
Bruno Wetzstein, Plauen i. Vogtl.	Z 2	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Casp. Arn. Winkhaus, Carthausen i. Westf.	H 1	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	Preßstoff Typ Z_2	—	Preßstoff Typ K
Erich Wippermann, Halver i. Westf.	46	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Wolff & Co., Kommandit-Gesellschaft auf Aktien, Walsrode	33	Preßstoff Typ 1_1	Preßstoff Typ 1_2	Preßstoff Typ M	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T_2	—	Preßstoff Typ Z_1	—	—	Preßstoff Typ K
Alois Zettler, Elektrot. Fabrik G. m. b. H., München 5	U 3	—	—	—	—	Zeton S	—	Zeton T_2	—	—	—	—	Zeton K

Tafel II

Firma	Firmen-Kennzeichen i. Überwach.-zeichen	Typ								
		6	7	8	A	2	3	4	Y	X
Gebrüder Adt Aktiengesellschaft, Ensheim (Saar)	36	—	—	—	—	—	Australit R Australit F	—	—	—
Agalitwerk Milspe, Kattwinkel & Co., Milspe i. Westf.	T 8	—	—	—	—	—	Agalit	—	—	
Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Fabriken Hennigsdorf, Hennigsdorf (Osthavelland)	38	—	Tenacit Typ 7	Tenacit Typ 8	—	Tenacit Typ 2	Tenacit Typ 3	Tenacit Typ 4	Tenacit Typ Y	Tenacit Typ X
Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Fabriken Annaberg, Annaberg i. Erzgeb.										
Presswerk Scheibenberg i. Erzgeb.	38 A	—	„	„	—	„	„	„	„	„
Presswerk Freiberg i. Sa.	38 F	—	„	„	—	„	„	„	„	„
Bisterfeld & Stolting, Inhaber: Ernst Bisterfeld, Radevormwald (Rhld.)	70	—	Werkstoff Typ 7	Werkstoff Typ 8	—	—	—	—	—	
Deutsche Legrit-Ges. m. b. H., Berlin O 17	A 4	—	—	—	Legrit A	—	—	—	—	—
Dynamit-Actien-Gesellschaft vormals Alfred Nobel & Co., Abteilung Celluloid-Fabrik, Werk Troisdorf (Bez. Köln); Verkauf durch Venditor, Kunststoff-Verkaufsges. m. b. H., Troisdorf (Bez. Köln)	43	—	—	—	Trolit W	—	—	—	—	
„Feba" Fabr. elektr. Bedarfsartikel Stückrath K.-G., Berlin SO 36	U 1	—	—	—	Spritzstoff Typ A	—	—	—	—	
Christian Geyer, Nürnberg-S	83	—	Norit 7	Norit 8	—	Norit 2	—	—	—	—
Heliowatt-Werke, Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, Berlin-Charlottenburg 4	35	—	Heliowatt 7	Heliowatt 8	—	Heliowatt 2	—	—	—	—
Isola Werke A.G., Birkesdorf-Düren (Rhld.)	40	—	—	—	—	Fermit Typ 2	—	—	—	Fermit Typ X
Signalapparatefabrik Julius Kräcker Aktiengesellschaft, Berlin SW 61	V 8	—	—	—	Spritzstoff Typ A	—	—	—	—	—
H. Römmler Aktiengesellschaft, Spremberg (Nd.-Lausitz)	32	—	Heliosit spezial	Heliosit	—	Resistan	—	—	—	Resistan E
Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft, Abteilung für Isolierstoffe (SK 4), Berlin-Siemensstadt (Gartenfeld)	34	—	Eshalit Typ 7	Zeterit C	Eshalit Typ A	Eshalit Typ 2	—	Eshalit Typ 4	—	Eshalit Typ X
Kurt Steidel, Berlin N 65	86	—	Preßstoff Typ 7	—	—	—	—	—	—	—
Süddeutsche Isolatoren-Werke G. m. b. H., Freiburg im Breisgau	25	—	Ricolit Typ 7	Ricolit Typ 8	—	Ricolit Typ 2	—	—	—	—
Vereinigte Isolatorenwerke Aktiengesellschaft (Viacowerke), Berlin-Pankow	31	Ambroin 6	Ambroin 7	Ambroin 8	—	Margolit 2	—	—	—	—

Tafel III

Firma	Firmen-Kennzeichen l. Überwach.-zeichen	Typ O*	Typ S*	Typ K*	Typ A*
Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Fabriken Hennigsdorf, Hennigsdorf (Osthavelland)	38	—	Tenacit Typ S*	—	—
Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Fabriken Annaberg, Annaberg i. Erzgeb.					
Presswerk Scheibenberg i. Erzgeb.	38 A	—	„	—	—
Presswerk Freiberg i. Sa.	38 F	—	„	—	—
Apparatebauanstalt Schneider & Co., Breslau-Gr. Ohlewiesen	U 4	—	Escolith S*	—	—
Bachmann & Leichsenring, Berlin-Neukölln	V 4	—	Preßstoff Typ S*	—	—
Bezet-Werk Hermann Buchholz, Motzen (Krs. Teltow)	76	—	Preßstoff Typ S*	—	—
Bisterfeld & Stolting, Inhaber: Ernst Bisterfeld, Radevormwald (Rhld.)	70	—	Werkstoff Typ S*	—	—
Dralowid-Werk der Steatit-Magnesia-Aktiengesellschaft, Teltow bei Berlin	W 3	—	Preßstoff Typ S*	—	—
Dynamit-Actien-Gesellschaft vormals Alfred Nobel & Co., Abteilung Celluloid-Fabrik, Werk Troisdorf (Bez. Köln); Verkauf durch Venditor, Kunststoff-Verkaufsges. m. b. H., Troisdorf (Bez. Köln)	43	—	Trolitan SD*	Pollopas	Trolit W
Ernst Gomolka, Zehdenick (Mark)	X 8	—	Preßstoff Typ S*	—	—
Julius Karl Görler, Transformatorenfabrik, Berlin-Charlottenburg 1	X 6	—	Preßstoff Typ S*	—	—
Krone & Co., Berlin-Baumschulenweg	L 6	—	Preßstoff Typ S*	—	—
Meirowsky & Co. Aktiengesellschaft, Porz a. Rhein	L 4	—	Pertinit S*	—	—
Gebrüder Merten, Gummersbach (Rhld.)	24	—	Preßstoff Typ S*	—	—
Otto Nettelbeck, Berlin O 17	V 2	Preßstoff Typ O*	—	—	—
New-York Hamburger Gummi-Waaren Compagnie, Hamburg 33	21	—	Formolit Typ S*	—	—
Preßstoffwerk Nürnberg, Gebrüder Klein, Nürnberg-O.	V 9	—	Heralit S*	—	—
Preßstoffwerk Schöppenstedt, Paul Schnake, Schöppenstedt	81	—	Preßstoff Typ S*	—	—
Wilhelm Quante, Spezialfabrik für Apparate der Fernmeldetechnik, Inhaber: Hermann Quante, Wuppertal-Elberfeld	73	—	Weculit S*	—	—
H. Römmler Aktiengesellschaft, Spremberg (Nd.-Lausitz)	32	—	Hares S*	—	—
Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft, Abteilung für Isolierstoffe (SK 4), Berlin-Siemensstadt (Gartenfeld)	34	Eshalit Typ O*	Eshalit Typ S*	—	—

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Nordhessen, Kassel. 24. 3. (Fr), 20[15], Hess. Landesmuseum: „Fernsehen". Dr. K. Diels.

VDE Bezirk Nordmark, Kiel. 28. 3. (Di), 20[15], Phys. Inst.: „Entwicklungstendenzen im Rundfunkempfängerbau". Obering. Schilling.

VDE Bezirk Ostfriesland, Wilhelmshaven. 28. 3. (Di), 20[00], Kurhaus: „Schaltungstechnische Kunstgriffe der modernen Fernmeldetechnik". Obering. Voigt.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Bezirksgruppe Magdeburg-Anhalt. 28. 3. (Di), 20[15], Ver. Techn. Staatslehranstalten: „Beleuchtungstechnik in der Photographie" (m. Lichtb. u. Vorführ.). Dipl.-Ing. K. Vogl.

Fachgruppe Elektrotechnik, Gas und Wasser, Gauwaltung Wien. 29. 3. (Mi), 18[00], Haus der Technik: „Der Oberleitungsomnibus im neuzeitlichen Oberflächenverkehr" (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. Haas VDE.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.315.17.027.3

Die Hochspannungs-Freileitungen. Von Prof. Dr.-Ing. K. Girkmann u. Ing. Dr. E. Königshofer. Mit 493 Abb., 67 Zahlentafeln, XII u. 504 S. im Format B 5. Verlag von Julius Springer, Wien 1938. Preis geh. 45 RM., geb. 46,80 RM.

Die Verfasser hatten sich die Aufgabe gestellt, das Fachgebiet Freileitungsbau sowohl von der mechanischen als auch elektrischen Seite her zusammenfassend zu behandeln. Es sind so vier Abschnitte entstanden, die sich mit der Konstruktion und Berechnung der Freileitungen, mit den Vorarbeiten im Gelände, der Montage und dem Betrieb der Freileitungen befassen.

Ein weiter Raum ist dem mechanischen Aufbau der Leitungen, Maste und den Aufhängeteilen, wie Isolatoren und Armaturen, unter weitgehenden Hinweisen auf die VDE-Vorschriften gewidmet. Insbesondere ist die Berechnung und Herstellung von Stahl-, Eisenbeton- und Holzmasten eingehend behandelt worden. Da dem Bau von Freileitungen mit Holzmasten in letzter Zeit starkes Interesse entgegengebracht wird, wird die Behandlung dieser Bauformen sehr begrüßt werden. Für den Montageingenieur werden die Abschnitte über die Gründung der Maste, die Trassierung der Leitung sowie die sehr umfangreichen Ausführungen über die Montage von Masten und Leitungen von besonderem Wert sein. Die elektrische Berechnung der Leitungen befaßt sich vor allem mit den Leitungskonstanten, dem Erdseil und der Erdung, dem Sicherheitsgrad unter Beachtung der VDE-Vorschriften und der gegenseitigen Beeinflussung von elektrischen Leitungen.

In dem Abschnitt über den Betrieb von Freileitungen sind die atmosphärischen Störungen und deren Einflüsse behandelt. Bei einer Neuauflage wäre eine Erweiterung dieser Abschnitte zu empfehlen. Zur Vervollständigung wird auch beitragen, wenn den Störungen durch Überspannung, Kurzschluß, Erdschluß und deren Wirkungen auf die Leitungen sowie den im Betrieb stattfindenden elektrischen Vorgängen insbesondere bei der Hochleistungsübertragung ein ausführlicher Abschnitt gewidmet werden wird.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Verfasser es verstanden haben, gleichermaßen dem Fachmann und auch dem Studierenden das Sondergebiet des Freileitungsbaues nahezubringen. H. Weissmann VDE.

DK 621.3 (075.3)

Elektrotechnik. Ein Lehrbuch für den Praktiker. Von Ing. W. Thomas. Mit 191 Abb., 84 durchgeführten Rechenbeispielen u. 95 Übungsaufgaben nebst Lösungen im Anhang u. 307 S. im Format A 5. Verlag der Deutschen Arbeitsfront G. m. b. H., Berlin 1938. Preis geh. 6 RM, geb. 6,60 RM.

Der Verfasser behandelt die Grundlagen der Elektrotechnik, die Gleich- und Wechselstromtechnik, die elektrischen Erzeugungs- und Verteilungsanlagen sowie die elektrische Meßkunde. Der Text ist durch zahlreiche, gut gewählte und ausführlich durchgerechnete Beispiele erläutert. Zum Verständnis ist die Kenntnis der Buchstabenrechnung und einige Einsicht in die Anfangsgründe der trigonometrischen Funktionen und der vektoriellen Darstellung erforderlich. Besonders eingehend werden mit Recht die grundlegenden Beziehungen der Elektrotechnik besprochen. Die diesbezüglichen Abschnitte sind auch am besten gelungen. In den Anwendungsgebieten ist die nicht geringe Zahl von sachlichen Unklarheiten und Unrichtigkeiten störend. Auch kommt die Behandlung der Wechselstromanlagen gegenüber den Gleichstromanlagen zu kurz.

Die Ausstattung des Buches ist einwandfrei. Die Abbildungen sind übersichtlich und deutlich. Es wird geraten, auch die Abschnitte Umformer und Gleichrichter durch Abbildungen zu erläutern. Von den meisten Schriften mit ähnlicher Zielsetzung hebt sich die vorliegende durch die angestrebte Gründlichkeit vorteilhaft ab. Das Buch erscheint nach Form und Inhalt als Leitfaden für Fortbildungskurse von begabten, mathematisch hinreichend geschulten Fraktikern geeignet. Die oben erwähnten Mängel dürften im Unterricht nicht wesentlich stören. Für das Selbststudium ist das Werk in der vorliegenden Form weniger zu empfehlen. G. Haberland VDE.

DK 621.396.621

Standards on Radio Receivers 1938. Herausgeber: The Institute of Radio Engineers, Inc., New York, N.Y., 330 West 42nd Street. Mit 15 Abb. u. 58 S. im Format 155 × 230 mm. Preis geh. 50 cents.

Das Heft bringt auf zehn Seiten die wichtigsten Fachausdrücke der Empfängertechnik, auf zwei Seiten die hierfür gebräuchlichen Schaltzeichen und auf 40 Seiten eine sehr reichhaltige Abhandlung über die Verfahren zur Prüfung der Rundfunkgeräte. Diese Abhandlung gliedert sich im wesentlichen in eine Festlegung der benutzten Begriffe, in die Beschreibung der Prüfgeräte sowie in die Erläuterung der Messungen und Prüfungen selbst. Ein vierseitiges Sachverzeichnis bildet den Abschluß dieses allen Entwicklern von Rundfunk-Empfangsgeräten nützlichen Heftes. F. Bergtold VDE.

EINGÄNGE.

(Ausführliche Besprechung vorbehalten.)

Bücher.

Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie. 8. Aufl Herausg. von der Deutschen Chemischen Gesellschaft. System-Nr. 59: Eisen, Teil F II, Lieferung 1. Preis kart. 26 RM. System-Nr. 64: Rhodium. Preis kart. 27 RM. Format 180 × 260 mm. Verlag Chemie, G.m.b.H., Berlin 1938.

Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen. Ein Handbuch für die Praxis sowie für Studierende. Von Dr. techn. K. Sachs. Mit 430 Abb., 8 Tafeln, XII u. 321 S. im Format 200 × 275 mm. Verlag Orell Füssli, Zürich u. Leipzig 1938. Preis geb. 29 RM.

H. Rietschels Leitfaden der Heiz- und Lüftungstechnik. 11. verbess. Aufl. Von Prof. Dr.-Ing. H. Gröber. Mit einem meteorologisch-klimatischen und einem hygienischen Abschnitt von Dr. habil. F. Bradtke. Mit 269 Textabb., 17 Zahlentafeln, 7 Hilfstafeln, X u. 282 S. im Format 205 × 280 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1938. Preis geb. 30 RM.

L'électrochimie et l'électrométallurgie. Von A. Levasseur. Bd. 2: Fours électriques. 4. Aufl. Mit 117 Abb. u. 254 S. im Format 165 × 250 mm. Verlag Dunod, Paris 1939. Preis geh. 58 frs, geb. 78 frs.

Elektrische Stoßfestigkeit. Von Dr.-Ing. R. Strigel. Mit 291 Abb., X u. 317 S. im Format 165 × 235 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 28,50 RM, geb. 30 RM.

Grundzüge der Funkgeologie. Von Dipl.-Ing. Dr. V. Fritsch. Mit 90 Abb., VII u. 121 S. im Format 40 × 215 mm. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1939. Preis kart. 9 RM.

Einführung in die Kernphysik. Von Dr. habil. W. Riezler. Mit 19 Abb. u. 188 S. im Format 125 × 205 mm. Verlag Bibliographisches Institut A. G., Leipzig 1937. Preis geb. 2,60 RM.

Elektrowärme in der Eisen- und Metallindustrie. Von Dipl.-Ing. O. Wundram. Werkstattbücher Heft 69. Herausg. von Dr.-Ing. H. Haake. Mit 94 Abb. u. 64 S. im Format 155 × 230 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1939. Preis kart. 2 RM.

Härten und Vergüten des Stahles. Von Ing.-Chem. H. Herbers. 4. völlig umgearb. u. vermehrte Aufl. (Werkstattbücher, Heft 7. Herausg. von Dr.-Ing. H. Haake.) Mit 96 Abb., 6 Tabellen u. 68 S. im Format 155 × 230 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1938. Preis kart. 2 RM.

Reibung und Temperaturverlauf im Gleitlager. Von Dr.-Ing. A. Rumpf. VDI-Forschungsheft 393. Mit 42 Abb., 4 Zahlentafeln u. 24 S. im Format A 4. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1938. Preis geh. 5 RM.

Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie, 8. Aufl Herausg.: Deutsche Chemische Gesellschaft. System-Nr. 22: Kalium. Lfg. 6: Schluß der Verbindungen. Preis kart. 29 RM. — Lfg. 7: Technische Darstellung der Kalisalze Preis kart. 22 RM. — System-Nr. 66: Osmium, mit einem Anhang über Ekaosmium. Preis kart. 19 RM. Format 180 × 260 mm, Verlag Chemie G. m. b. H., Berlin 1938.

Physik und Technik der Gegenwart. Herausg. von Prof Dr. H. Faßbender. Bd. 4: Einführung in die Siebschaltungstheorie der elektrischen Nachrichtentechnik. Von Prof. Dr. R. Feldtkeller. Mit 130 Abb. u. 174 S. im Format 155 × 230 mm. Verlag von S. Hirzel, Leipzig 1939. Preis geh. 10,80 RM, geb. 12 RM.

Transformatoren und Drosseln. Bau und Berechnung Von Dipl.-Ing. P. E. Klein. 3. neu bearb. Aufl. Mit 101 Abb. u. 126 S. im Format 135 × 200 mm. Deutsch-Literarisches Institut J. Schneider, Berlin 1938. Preis kart. 3,50 RM.

Hochfrequenztechnik. Bd. 2: Elektronenröhren und Verstärker. Von Studienrat J. Kammerloher. (Lehrbücher der Feinwerktechnik Bd. 3, herausg. von Dr. K. Gehlhoff). Mit 290 Abb., XV u. 326 S. im Format A 5. C. F. Winter'sche Verlagshandlung, Leipzig 1939. Preis kart. 11,50 RM, geb. 12,80 RM.

Die Elektrizitätszähler. Ein Handbuch für die Praxis des Zählerfachmannes mit vielen Anwendungsbeispielen. Von Obering. G. Paul. Mit über 200 Abb. u. Zahlentafeln u. 211 S. im Format 155 × 235 mm. Franckh'sche Verlagshandlung, Abt. Technik, Stuttgart 1938. Preis geh. 5 RM. geb. 7,50 RM.

Doktordissertationen.

Horst Fleischer, Zur theoretischen Deutung der Frequenzabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit starker Elektrolyte bis zu sehr hohen Feldstärken. T. H. Dresden 1938.

Helmut Gelling, Beitrag zur Klärung der Gummidämpfung T. H. Dresden 1938.

Ernst Hermann Plump, Störverminderung durch Frequenzmodulation. T. H. Dresden 1937.

Gerhard Schenkel, Über das Vektorpotentialfeld und elektrische Feld stromumflossener Toroide. T. H. Hannover 1938.

Martin Schilling, Spektralphotometrische Untersuchungen der lichttechnischen Eigenschaften helleuchtender Sulfidphosphore. T. H. Hannover 1937.

Heinz Schlicke, Über die Synchronisierung selbsterregter Röhrensender. T. H. Dresden 1938.

Werner Schmidt, Untersuchungen am Quecksilberspektrum im Infrarot. T. H. Dresden 1938.

Hans Schäffer, Beiträge zum elektrischen Durchschlag und zu den Entladungsformen der Funkenstrecke. T. H. Aachen 1931.

Stephan Buchkremer, Hochspannungs-Messungen mit dem Kathodenstrahl-Oszillograph. T. H. Aachen 1935.

Rudolf Jaschke, Der Verformungskreis für große Formänderungen und seine Anwendung in der Meßtechnik T. H. Aachen 1936.

Richard Klaus Jovy, Untersuchungen an Umrichtern zur Umformung von Ein- oder Mehrphasenstrom gegebener Frequenz in solchen höherer Frequenz. T. H. Aachen 1937

Hildegard Lechner, Beiträge zum Fernsehproblem. Das lumineszierende Gemisch. T. H. Aachen 1937.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. A. Bigalke VDE, Berlin-Karlshorst, Rheinsteinstr. 68
Dipl.-Ing. H. Böhm VDE, Berlin-Friedrichshagen, Friedrichstr. 27-28
Dr.-Ing. M. Gerlach VDE, Magdeburg, Hohenstaufenring 4
Dipl.-Ing. H. Pieplow VDE, Berlin N 65, Lütticher Str. 39
Dr.-Ing. H. Ziegler VDE, Selb i. B., Wilhelmstr. 1

Abschluß des Heftes: 17. März 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 30. März 1939 | Heft 13

Die kritischen Drehzahlen der Läuferwellen und ihr Einfluß auf den Betrieb.

Von Kurt Schönfelder VDE, Berlin.

621.313.018.6-233.12

Übersicht. Kritische Drehzahlen spielen im Elektromaschinenbau eine bedeutende Rolle. Während man früher mit Überschlagsrechnungen auskam, erfordern der heutige Zustand und die künftige Entwicklung ausführliches Eingehen auf zahlreiche Einzelheiten. Einige davon harren noch der Bearbeitung.

Die Leistung gleichartiger elektrischer Maschinen ist bekanntlich proportional D^2bn mit D als Läuferdurchmesser und b als aktiver Eisenlänge; n ist die minutliche Drehzahl. D und d bestimmen anderseits den erforderlichen Werkstoffaufwand, mithin Gewicht und Masse bzw. Schwungmoment des umlaufenden aktiven Teils. Welle und Lager als seine wesentlichen Tragelemente werden nach Gewicht und Drehmoment bemessen, unterliegen daher in ihren Abmessungen, also auch hinsichtlich ihrer Steifigkeit ebenfalls einem ganz bestimmten Gesetz. Beide zusammen, Steifigkeit und Massenverteilung, liefern schließlich eine ganz bestimmte Lage der mechanischen Eigenfrequenzen. Sie sind bedeutungslos, wenn keine zu ihnen passende schwingungserregende Kraft vorhanden ist.

Die Entwicklung zu immer größeren Einheiten und zu immer höherer Schnelläufigkeit führt aber zu ständig wachsender Annäherung zwischen Eigenfrequenzen und den erregenden Frequenzen. Vielfach ist bereits eine gegenseitige Überschneidung eingetreten. Auf diese Weise nimmt die Zahl der Möglichkeiten für Betriebsstörungen durch Schwingungserscheinungen dauernd zu. Diejenigen Drehzahlen, bei denen Schwingungen besonders ausgeprägt hervortreten, faßt man gemeinhin unter dem Sammelnamen „kritische Drehzahlen" zusammen.

Da der Betrieb schwingungsfreien Lauf verlangt und mit Rücksicht auf die Werkstoffestigkeit gewisse Grenzen in den Beanspruchungen nicht überschritten werden dürfen, müssen die Schwingungsverhältnisse bereits bei der Konstruktion klar übersehen werden. Meist genügt es, nur die Resonanzen selbst zu meiden. Wenn aber die erregenden Kräfte groß sind, können die Beanspruchungen auch weit abseits von der Resonanz gefährliche Höhe erreichen. In diesem Falle müssen dann auch die „erzwungenen" Schwingungen vorausberechnet werden.

Das gilt im besonderen für stoßartig einsetzende Schwingungsvorgänge. Dabei handelt es sich dann nicht nur um die im allgemeinen unter „erzwungenen Schwingungen" verstandenen Dauerzustände, die sich nach Abklingen der Ausgleichvorgänge einstellen, sondern um das Anwachsen und Abklingen der Schwingungen bei diesen mechanisch-elektrischen Ausgleichvorgängen selbst. Im folgenden sollen diejenigen Haupttypen von kritischen Drehzahlen besprochen werden, die heute im Elektromaschinenbau bereits eine ausschlaggebende Rolle spielen.

1. Drehkritische in Kolbenmaschinen-Anlagen.

Am verbreitetsten ist die Kenntnis von den Drehkritischen in Kolbenmaschinen-Anlagen, unter ihnen besonders die der Dieselsätze. Die noch relativ stark ausgeprägten hohen Harmonischen im Drehkraftdiagramm ergeben Erregerfrequenzen vom 10- bis Mehrfachen der Umdrehungszahl. Das ist z. B. bei einer Maschine von 250 U/min eine Frequenz von rd. 2500 Schwingungen/min, während die tiefste Eigenfrequenz eines solchen Maschinensatzes meist schon in der Gegend von 1000 liegt. Hier befindet man sich also betriebsmäßig schon lange innerhalb ganzer Reihen kritischer Drehzahlen. Dementsprechend ist das Schrifttum über dieses Fragengebiet bereits ein sehr reichhaltiges.

Namen, wie Holzer [1]*) und Wydler [2] sind mit dem Begriff Drehschwingungen durch ihre Standardwerke über deren Vorausberechnung unlösbar verknüpft, wie anderseits die Torsiographen von Frahm [3] und J. Geiger [4] bahnbrechend wurden und zeitgemäß geblieben sind hinsichtlich der Messung der tatsächlich auftretenden Erscheinungen, also gewissermaßen den „Unterschied zwischen Theorie und Praxis" herausstellen.

Für die Weiterentwicklung kommt es heute nicht mehr auf die Schaffung neuer schnell arbeitender Lösungsverfahren für die Frequenzgleichungen an, also nicht auf die mathematische Seite, denn hierfür stehen mehrere völlig ausgereifte Vorschläge [5, 6, 7] zur Verfügung. Vielmehr handelt es sich darum, etwaige Unterschiede zwischen den Aussagen der vereinfachten Vorausrechnung und den tatsächlich auftretenden Schwingungen zu beherrschen.

Geiger hat in seinem Torsiographen das Mittel geschaffen, mit dessen Hilfe jeder Montageingenieur oder geübte Monteur in die Lage gesetzt wird, die tatsächlich auftretenden Schwingungen einwandfrei meßtechnisch aufzunehmen. Wenn man auch stets trachten wird, die Vorausrechnung, von den einfachsten Annahmen ausgehend, mit möglichst schnellen Verfahren zu erledigen, so hat doch erst die Messung der wirklich auftretenden Schwingungen gelehrt, wie weit Vereinfachungen in der Theorie zulässig sind, ohne den praktischen Wert der Vorausrechnung hinfällig zu machen.

So setzt die einfache Theorie an die Stelle der mehrfach gekröpften Welle des Motors eine glatte zylindrische Welle „gleicher Drehelastizität". Die teils rotierenden, teils hin und her gehenden Massen von Kurbelwelle, Schubstange und Kolben werden durch eine konstante „Ersatzdrehmasse" dargestellt. Als Dämpfung wird eine ge-

*) Die Zahlen in [ ] beziehen sich auf das Schrifttum am Schluß des Aufsatzes.

schwindigkeitsproportionale angenommen. Die Wellenteile innerhalb der Läuferkörper der angekuppelten elektrischen Maschinen setzt man als starr voraus, ebenso die Ankerkörper selbst usw.

Mit solchen Vereinfachungen erhält man Ergebnisse, die nur in einzelnen sehr einfach und günstig liegenden Fällen zur praktischen Beurteilung der Lage hinreichen. Vielfach genügen sie aber nicht. Hier sind zur richtigen Erfassung der tatsächlichen Verhältnisse unter Aufgabe der genannten Vereinfachungen Verfeinerungen der Theorie unumgänglich.

So hat z. B. Grammel [8] nachgewiesen, daß die gleichwertige Drehsteifigkeit einer Kurbelkröpfung kein eindeutiger Wert ist. Für die Wirkung der zur Kurbel selbst gehörigen Drehkraft hat sie eine andere reduzierte Länge als für die Hindurchleitung der von den anderen Zylindern herrührenden Drehmomente. Auch die durch die Veränderlichkeit des Kurbelwinkels bedingte variable Beteiligung der Kolben- und Schubstangenmasse ist hinsichtlich ihres Einflusses auf das Resonanzverhalten untersucht worden. Man findet Aufspaltungen der sonst erhaltenen Einzelfrequenzen [9, 10] bzw. mehr oder weniger breite Schüttelzonen [11] an Stelle der vorher scharf ausgeprägten Resonanzen.

Bei Vielzylindermaschinen folgen die Resonanzdrehzahlen der Oberwellen so dicht aufeinander, daß es praktisch nicht möglich ist, sämtliche Resonanzen zu vermeiden. Es gilt dann, die ungefährlichen für den Betriebsbereich auszuwählen. Eine verhältnismäßig gute überschlägige Beurteilung der zu erwartenden Erregungsstärken gestatten Typendiagramme, wie sie etwa von Brandt [12] und Stieglitz [14] mehrfach benutzt wurden. Da aber die Resonanzspitze und damit die Höchstbeanspruchung nicht nur von der Erregungsstärke, sondern ebenso sehr von der Dämpfung abhängt, müssen die Resonanzausschläge für die gedämpfte Schwingung abgeschätzt werden. Ein besonders elegantes halb-graphisches Verfahren stammt von Stodola [14], ein rein ziffernmäßiges sehr brauchbares von Vollmar [15].

Während bei den bisher genannten die geschwindigkeitsproportionale Dämpfung Voraussetzung war und in Form von spezifischen Dämpfungskennwerten in der Rechnung erscheint, untersuchte Geiger [16] die Beteiligung der einzelnen Dämpfungsursachen am Zustandekommen der Gesamtdämpfung und fand eine starke Abhängigkeit der Gesamtdämpfung von Maschinentyp, Frequenz, Schwingungsform usw., eine Tatsache, die sich in der Praxis immer wieder bestätigt. Sie vor allem erschwert die Voraussage, so daß man nur an Hand zahlreicher torsiographischer Aufnahmen ähnlicher Maschinensätze einigermaßen sichere Vorausschätzungen abgeben kann.

Das drehelastische Verhalten von Naben- und Speichensternen ist aus zweierlei Gründen von praktischem Interesse. Einerseits schaffen sie in den vorher einfachen Systemen Verzweigungsstellen und Vermaschungen [8] und führen dadurch zu Frequenzlagen, die von denen nicht verzweigter Systeme wesentlich verschieden sind. Anderseits bedingen Herstellungsungenauigkeiten, die innerhalb normaler Werkstatt-Toleranzen liegen, Unterschiede in den Sitzen und im Schwingungsverhalten, die bewirken können, daß man aus einem schwingungsfreien Bereich, sei es nach der einen oder anderen Seite, in Schwingungszonen hineingerät. Hier kann die Vorausrechnung allein nicht für die Schwingungsfreiheit im Betrieb garantieren. Will man in diesem Falle Nacharbeiten bei Inbetriebsetzung sicher vermeiden, dann muß schon bei Entwurf und Herstellung der Sitze auf ihre Bedeutung hinsichtlich der elastischen Längen Rücksicht genommen werden.

Fürchtet man, es auch hiermit nicht zu schaffen, dann bleibt nur übrig, das System gänzlich umzustimmen, etwa durch Einbau elastischer Kupplungen. Hier wird man allerdings eine sehr sorgfältige Auswahl treffen müssen, wenigstens in den kritischen Fällen, von denen soeben die Rede war. Es gibt nämlich Maschinensätze, die ganz harmlos sind, die beinahe mit jeder Kupplung laufen und die zu der falschen Ansicht verleiten, mit elastischen Kupplungen gehe es immer und mit einer so gut wie mit der anderen. Kleine Hilfsdieselsätze, z. B. mit wenig Zylindern und einem schweren Schwungrad, sind meist mit den verschiedensten Kupplungen betriebsfähig. Vielzylindermotoren mit verhältnismäßig kleinem Schwungrad verhalten sich wesentlich anders.

Rechnerisch am einfachsten zu übersehen ist der Einbau von Kupplungen mit gerader Kennlinie, bei denen also die Relativverdrehung der beiden Kupplungshälften proportional dem hindurchgeleiteten Drehmoment ansteigt. Sie wirken wie eine Verlängerung bzw. Schwächung der Welle. Kupplungen mit krummer Kennlinie sind naturgemäß schwieriger zu beurteilen [17, 18, 19]. Sie machen die Eigenfrequenz des Schwingungssystems veränderlich, je nach Größe des eintretenden Schwingungsausschlags [20]. Belastungsstöße können Umspringen von einem Schwingungszustand in einen anderen herbeiführen [21, 22]. Ferner ist die Frequenz je nach dem augenblicklichen Arbeitspunkt, also je nach der durch die Kupplung hindurchgehenden Durchschnittsleistung verschieden. Es kann vorkommen, daß der Maschinensatz bei Vollast anstandslos läuft und bei gewissen Teillasten unerträgliche Schwingungen auftreten.

Leider können nur wenige Hersteller elastischer Kupplungen die Kennlinie so genau angeben und auch mit genügend enger Toleranz einhalten, daß eine einwandfreie Vorhersage möglich ist. Das Ergebnis einer diesbezüglichen Rundfrage bei 14 Lieferfirmen war geradezu niederschmetternd. Die hierbei zutage getretene Sorglosigkeit ist allerdings wiederum nicht unbegründet, denn zahllose elastische Kupplungen sind ohne genaue Kenntnis ihrer Kennlinie verwendet worden, ohne Nachteiliges zu beobachten. Das erklärt sich aber zu einem großen Teil schon daraus, daß elastische Kupplungen vielfach an Stellen eingebaut werden, bei denen eine Resonanzerregung überhaupt nicht auftritt, vielmehr nur eine Stoßdämpfung und eine gewisse Unempfindlichkeit der gekuppelten Wellen gegen Verlagerungen erstrebt wird. Diese „guten Erfahrungen" sollten also nicht dazu verleiten, bei schwingungsgefährdeten Systemen ebenso unbekümmert vorzugehen.

Bisher war hauptsächlich von Dauerbetriebszuständen die Rede. Schwingungen spielen aber auch eine Rolle, wenn sie nur vorübergehender Natur sind. So werden bei Kolbenmaschinensätzen vielfach beim Anlaufen und Stillsetzen kritische Gebiete durchfahren. Die dabei auftretenden Beanspruchungen sind in der Regel [9] um so kleiner, je schneller man die Zonen durchfährt. Während man beim Anlaufen in der Maschinenleistung das Mittel in der Hand hat, schnell durch die kritische Drehzahl hindurchzugehen, fehlt diese Möglichkeit beim Auslauf, bei dem meistens nur die Leerlaufarbeit bremsend wirkt. Es kann daher erforderlich sein, zusätzlich zu bremsen oder die erregenden periodischen Kräfte entsprechend zu beeinflussen.

Auch in der Beurteilung dieser Vorgänge ist man bisher überwiegend auf überschlägige Vergleiche mit ähnlichen Maschinensätzen angewiesen, wenn auch das Schrifttum bereits einige Abhandlungen aufweist, die die Vorausrechnung dieser Vorgänge betreffen [23, 24].

Eine andere Art vorübergehender Schwingungszustände entspringt etwaigen Betriebsstörungen, die verlangen, daß ein Zylinder einer Vielzylindermaschine vorübergehend abgeschaltet wird, sei es, daß nur die Brennstoffzufuhr abgestellt wird, oder daß der Zylinder auch hinsichtlich seiner Massenwirkung ausfällt. Die Betriebsfähigkeit unter diesen veränderten Umständen spielt besonders bei Schiffsmaschinen eine lebenswichtige Rolle. Bei ihnen kommt als weitere Erschwerung hinzu, daß sie meist auch mit verschiedenen Drehzahlen laufen müssen. Hier muß unter Umständen die Betriebsleitung Richtlinien

erhalten, jeweils bei Ausfallen eines bestimmten Zylinders einen anderen geeignet ausgewählten mit abzuschalten, damit die Schwingungen des gestörten Systems klein bleiben. Schwingungsdämpfer sind hier nicht unbedingt das Allheilmittel.

Ein Schwingungsvorgang anderer Art ist der im Kolbenmaschinenbau allgemein bekannte Ungleichförmigkeitsgrad. Bei seiner Berechnung werden alle auf der Welle sitzenden Massen als starr miteinander verbunden angenommen [25]. Die bei allen Mehrzylindermaschinen tatsächlich vorhandene Elastizität hat dann zur Folge, daß beim Auftreten elastischer Schwingungen dieser Ungleichförmigkeitsgrad nur noch im Schwingungsknoten angenähert vorhanden ist. An allen anderen Stellen der Welle, insbesondere also meistens in den angekuppelten elektrischen Maschinen, ist die Ungleichförmigkeit infolge der überlagerten elastischen Schwingung eine ganz andere [26]. Verfasser hat Fälle beobachtet, in denen an Stelle des auf üblichem Wege vom Motorenbau berechneten Ungleichförmigkeitsgrades von 1 : 165 tatsächlich ein Ungleichförmigkeitsgrad von 1 : 8 auftrat. Trotzdem die Maschine zum Lichtbetrieb herangezogen wurde, hatte niemand etwas bemerkt, auch nicht am Lauf der Maschine, bis gelegentlich einer Besichtigung durch Dauerbruch abgerissene Schraubenköpfe im Anker gefunden wurden. Wenn also elektrischerseits ein gewisser Mindestgleichgang gefordert wird, so ist die normale Berechnung des Ungleichförmigkeitsgrades durch eine Schwingungsrechnung zu ergänzen [2, Seite 77 u. 83].

Abb. 1. Torsiogramm eines Kompressorantriebs; Welle 75 mm Dmr., Hebelvergrößerung 6 ×, Drehzahl 193 U/min, Ungleichf. 1 : 25.

Alles was hier von Kolbenmaschinen gesagt ist, gilt natürlich nicht nur für Maschinensätze, in denen die Kolbenmaschine der treibende Teil ist, sondern in gleichem Maße auch für alle anderen, z. B. Kompressor- und Pumpenantriebe. Das Torsiogramm in Abb. 1 stammt beispielsweise von einem dreikurbeligen Kompressor, der durch einen Getriebemotor über eine elastische Kupplung angetrieben wird. Mit Rücksicht auf die Zahndruckschwankung in den Zahnrädern war die Schwungmasse in üblicher Weise für einen Ungleichförmigkeitsgrad von 1 : 60 bis 1 : 130 bei 140 bis 210 U/min bestimmt worden. Tatsächlich zeigt das (am Schwungrad aufgenommene!) Torsiogramm bei n = 193 U/min einen Ungleichförmigkeitsgrad 1 : 25 infolge der überlagerten Schwingung. Die Massenkräfte erreichen hier ein Mehrfaches des Nutzdrehmoments und führen zu untragbaren Überbeanspruchungen des Getriebes.

Insbesondere zeigen solche Fälle, wie empfehlenswert die meßtechnische Nachprüfung der betriebsfertigen Anlage ist, da sonst Drehschwingungen selbst bedrohlicher Größe unter Umständen unbemerkt bleiben, bis eines Tages die Zerstörung eintritt.

2. Biegungskritische.

Von etwa gleicher Bedeutung wie die Drehkritischen bei Maschinen mit hin und her gehenden Massen sind die Biegungskritischen bei rein rotierenden Maschinen, sofern sie relativ schnelläufig sind. Die stärksten Schwingungen treten hier bekanntlich auf, wenn die Drehzahl mit der Biegeeigenschwingungszahl des umlaufenden Teiles übereinstimmt. Vielfach errechnet man mit der statischen Durchbiegung f einen Wert n aus der Formel $n = 300/\sqrt{f}$ und hält ihn für die kritische Drehzahl. Das ist im Grunde genommen falsch, denn die Schwingungsform der Welle ist eine Biegelinie unter Fliehkraftbelastungen, und die Fliehkräfte sind infolge der verschiedenen Radien den Einzelgewichten nicht proportional. Die Schwingungsform hat also eine andere Gestalt als die statische Biegelinie unter den Gewichten.

Allerdings ergibt sich auf diese Weise bei Zweilagerwellen ohne überhängende Enden ein zu niedriger Wert. Bleibt man daher im Betrieb noch unter diesem Näherungswert („unterkritischer Betrieb"), dann liegt man auf der sicheren Seite. Da früher die meisten Läufer zu dieser Kategorie gehörten, konnte sich dieses Verfahren ohne Schaden in so weitem Ausmaß einbürgern. Man darf aber nicht übersehen, daß es die wahre Kritische nicht liefert und daher in allen anderen Fällen zu Fehlschlägen führen kann. Bei Wellen mit überhängenden Lasten, z. B. bei Turbogeneratoren in Zweilagerausführung, mit fliegend aufgesetztem Turbinenläufer, oder bei fliegend angebauten Erregermaschinen, schließlich bei allen starr gekuppelten Maschinensätzen mit mehr als zwei Lagern, ist daher die Bestimmung der wirklichen Kritischen unerläßlich.

Von den zahlreichen verfügbaren Berechnungsverfahren dürfte im allgemeinen das einfache graphische, wie es z. B. von Stodola [27] beschrieben ist, wohl immer noch am meisten zu empfehlen sein: Schätzen einer Biegelinie, Ermittlung der zu ihr gehörigen Fliehkräfte, Aufzeichnen der von ihnen hervorgerufenen Durchbiegungen und Vergleich dieser mit den ursprünglich angenommenen. So zeigt sich am deutlichsten, welches Vertrauen dem Ergebnis gegenüber angebracht ist, bzw. ob man das Verfahren wiederholen muß, um eine bessere und hinreichende Annäherung zu bestimmen. Die rein rechnerischen Verfahren zeigen das nicht so unmittelbar, und die meisten von ihnen sind daher nur in der Hand des Kenners zuverlässig. Hiermit soll natürlich nichts gegen ihren ausgezeichneten Wirkungsgrad gesagt werden, wenn sie eben in geübter Hand sind [28 bis 31].

Eine Ausnahme bilden Näherungsverfahren mit gewissermaßen zwangläufiger Konvergenz, die sich insbesondere bei Eigenschwingungen höheren Grades vorteilhaft anwenden lassen [32, 33]. Man muß, um ruhigen Lauf sicherzustellen, das Zusammenfallen der Umdrehungszahl nicht nur mit der Grundschwingung des Läufers, sondern auch mit seinen Oberschwingungen vermeiden.

Schließlich treten Schwingungen nicht nur bei Übereinstimmung von Umdrehungszahl und Eigenschwingungszahlen auf, sondern auch, wenn die Umdrehungszahl gleich der halben oder doppelten Biegeeigenschwingungszahl ist. Höhere Vielfache spielen in der Regel keine Rolle. Daß diese Kritischen überhaupt auftreten können, ist eine Folge nicht völliger Achsensymmetrie. Die Schwingungen werden dadurch „quasi-harmonisch" [34, 35, 36]. Sie treten aber ebenso wie die gewöhnlichen Kritischen um so weniger in Erscheinung, je weniger der Läufer von der Symmetrie abweicht [37]. Daher werden insbesondere Subharmonische seltener beobachtet. Immerhin wird man nach diesen Erkenntnissen vorteilhaft einen Läufer mit der Eigenschwingungszahl 1500/min nicht mit Drehzahlen in der Nähe von 750, 1500, 2250, 3000 U/min laufen lassen.

Ergibt sich hiernach schon ein ganzes Spektrum von zu vermeidenden Drehzahlen, so wird dessen Linienzahl bereits verdoppelt, wenn man die Eigenschwingungszahl 2. Grades mit in Betracht zieht. Für einen Turbogeneratorläufer, der z. B. mit 3000 U/min betriebsmäßig laufen soll, wird man daher praktisch die Eigenfrequenz 1. Grades auf etwa 1270 und die 2. Grades auf etwa 3900 legen, damit alle Schwingungsmöglichkeiten zwischen Betriebs- und Schleuderdrehzahl, also von 3000 bis 3750 U/min ausgeschlossen sind.

Diese Zahlenreihen zeigen, daß man die Eigenfrequenzen bereits mit ziemlicher Treffsicherheit vorausbestimmen muß, wenn man einwandfreien Betrieb garantieren will. Überschlagsrechnungen, die mit erheblichen Toleranzen behaftet sind, scheiden daher aus. Aus demselben Grunde muß bei der Rechnung auch die Kreiselwirkung berücksichtigt werden, da sie die sonst eintretende Kritische aufspaltet und verlagert. Je nachdem, ob die Präzession mit- oder gegenläufig ist, wird die Kritische erhöht oder erniedrigt, und zwar ist die Erniedrigung im allgemeinen größer als die Erhöhung. Die Kreiselwirkung tritt nicht nur bei ausgesprochen scheibenartigen Körpern in Erscheinung, wie vielfach angenommen wird, sondern ist auch bei Walzenkörpern durchaus merklich, sobald sie nennenswerte Durchmesser erreichen. Bei den drei Läufern, die in der Abb. 2 maßstäblich angedeutet sind, bewirkt das Kreiselmoment bereits eine Erhöhung bzw. Herabsetzung um 2,8 bzw. 7,3 %.

Abb. 2. Einfluß der Kreiselwirkung.

Abb. 3. Turboläufer; schroffe Querschnittsänderungen, Versteifung des Wellenschenkels durch aufgeschrumpfte Wicklungskappe, links.

Ähnlich wie mit der Kreiselwirkung ist es mit dem magnetischen Zug zwischen Ständer und Läufer [38]. Er ändert die resultierende Steifigkeit der Welle und erniedrigt daher die Biegungskritische. Da aber anderseits auch der Ständer ein schwingungsfähiges Gebilde [39] ist, entstehen unter Umständen Koppelschwingungen zwischen Ständer und Läufer.

Abb. 4. Rippenwelle; starke plötzliche Steigkeitszunahme.

Abb. 5. Rillenwelle; die stehengebliebenen Scheiben tragen nur äußerst wenig zur Versteifung des Kerns bei.

Wie bei den Drehschwingungen ist auch bei den Biegungskritischen nicht die Entwicklung schneller arbeitender Verfahren so wichtig wie Untersuchungen zur Beherrschung gewisser elementarer Einzelheiten. Bei großen Querschnittsänderungen, wie man sie z. B. bei Turbogeneratoren am Übergang vom Ballen zum Lagerzapfen hat, vgl. Abb. 3, beurteilt man die Steifigkeit bestimmt nicht richtig, wenn man links vom Absatz mit dem Biegungsträgheitsmoment für den kleinen Durchmesser d, rechts mit dem großen Durchmesser D rechnet, denn die im Übergangsquerschnitt zu übertragenden Kräfte brauchen rechts vom Absatz noch einen gewissen axialen Raum, bevor sie sich auf den ganzen großen Querschnitt ausgebreitet haben. Der Übergang, der geometrisch sprunghaft erfolgt, verläuft in elastischer Hinsicht allmählich, so daß gegenüber der elementaren Auffassung eine größere Nachgiebigkeit Platz greift und die Eigenfrequenz erniedrigt wird. Für die Abschätzung dieses Einflusses hat die theoretische Elastizitätslehre noch keinen Ausdruck zur Verfügung gestellt [40].

Ebenso ist es mit den aus dem Vollen gearbeiteten Rippen- und Rillenwellen, Abb. 4 u. 5, besonders seit Einführung geschweißter Läuferkörper, Abb. 6. Sie haben im Bereich der hochkant aufgesetzten Rippen ein sehr großes Trägheitsmoment, das dort äußerst stark abfällt, wo die Rippen aufhören und sich nur noch die Kernwelle zu den Lagerstellen fortsetzt. Übrigens sind alle Wellenquerschnittsformen, wie Abb. 7 a, b, c, zweifellos den Formen Abb. 7 d u. e vorzuziehen. Während die ersteren hinsichtlich ihres Trägheitsmomentes vollkommen achsensymmetrisch sind, also keine bevorzugte Symmetrieachse haben, sind die letzteren nach zwei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen verschieden steif. Sie fördern daher das Entstehen von Schüttelschwingungen [41].

Abb. 6. Rippenwelle; großer Unterschied zwischen den Biegungsträgheitsmomenten des Rippenkörpers und der freien Wellenschenkel.

Abb. 7. Querschnitte für Rippenwellen; a, b, c gleiche Steifigkeit nach jeder Richtung; d, e verschiedene Steifigkeit nach zwei aufeinander senkrechten Richtungen.

Von ähnlicher Bedeutung ist die verfestigende Wirkung der metallenen Nutenkeile von Turbogeneratoren, Abb. 8. Hier spielen wieder die Passung, die Vorspannung, mit der sie eingezogen werden, und die Abstände der aus Montagegründen notwendigen Längenunterteilung eine Rolle.

Die Versteifung durch aufgezogene Teile tritt ferner nicht nur bei unmittelbar aufsitzenden Naben usw. in Erscheinung, sondern auch z. B. bei aufgeschrumpften Wicklungskappen, Abb. 3, wenn sie, wie im linken Teil der Abb. 3 angedeutet ist, an beiden Enden aufsitzen.

Auch die mehr oder weniger große Nachgiebigkeit des Aufbaus der Lager und der Fundamente kann die Biegungskritische recht merkbar verlagern [42], besonders dann, wenn der Läufer selbst relativ starr ist. In diesem Sinne verdient auch die Querfederungskonstante der Wälzlager infolge Abplattung der Wälzkörper [43] Beachtung, desgleichen, wenn die Lager zwecks Geräuschverminderung federnd eingebaut sind.

Abb. 8. Turboläufer; verschieden große Steifigkeit für Biegung in der Polebene und in der Neutralen, Versteifungswirkung der Nutenkeile.

Abb. 9. „Starre" Kupplungen.

Bei Flanschkupplungen, Abb. 9, pflegt man die Steifigkeit der benachbarten Wellenteile als durchlaufend einzusetzen, obwohl das für die zum Teil recht verschiedenen Ausführungen nicht allgemein zutreffen kann. Das äußert sich nur deshalb so selten, weil diese Verbindungen glücklicherweise meistens an Stellen liegen, an denen

das Biegungsmoment beim Schwingen klein ist. Wäre es an den betreffenden Stellen Null, dann würde hinsichtlich der Biegungkritischen ein vollkommenes Gelenk denselben Dienst tun wie eine biegungssteife Kupplung. Man beseitigt diese Unsicherheit, indem man umgekehrt die vollkommene Gelenkigkeit durch Einbau beweglicher Kupplungen erzwingt und jeden Läufer für sich lagert. Das ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn man z. B. aus Termingründen oder im Sinne der Normalisierung bei der Durchkonstruktion der einzelnen Läufer nicht auf die mit ihnen zu kuppelnden Rücksicht nehmen will. Bei starrer Kupplung muß, wie erwähnt, stets der Strang als Ganzes untersucht werden. Man kann also nicht sagen, ob die für den einen Läufer gewählten Abmessungen so bleiben können, solange nicht auch die Maße des anzukuppelnden festliegen, eine Tatsache, die oftmals den Liefertermin nicht unwesentlich beeinflußt. Durch bewegliches Kuppeln läßt sich diese Schwierigkeit umgehen.

Eine andere noch ziemlich ungeklärte Frage, an deren Beantwortung die Praxis großes Interesse hat, ist das Aufschaukeln der Schwingungen [44] beim Durchlaufen von kritischen Drehzahlen. Bei allen überkritisch betriebenen Maschinen, und das sind z. B. praktisch alle Turbogeneratoren, muß man vor Erreichung der Betriebsdrehzahl gewisse Kritische durchfahren. Besonders bei der ersten Inbetriebsetzung kann man das natürlich nur, wenn man die Gewißheit hat, daß mit den zur Verfügung stehenden Beschleunigungskräften und mit der hiervon abhängigen Dauer des Laufens in den kritischen Zonen die Schwingungsausschläge keine zerstörende Größe annehmen. Für die Vorausberechnung dieser Abhängigkeit liegen bis jetzt nur die ersten Ansätze vor [45, 46]. Daher gehört bislang auch hier große praktische Erfahrung zur richtigen Beurteilung dieser Vorgänge.

Im vorstehenden wurden nur die zwei hauptsächlichsten Erscheinungsformen kritischer Drehzahlen behandelt. Einige weitere Typen sollen vorbehaltlich ihrer ausführlichen Würdigung bei späterer Gelegenheit hier nur kurz angedeutet werden.

3. Elektrische Schiffsantriebe.

Bei elektrischen Schiffsantrieben mit Synchronmaschinen sind Propellermotor und Generator durch die elektrische Verbindung zu synchronem Lauf gezwungen [47, 48]. Jede kleine Verdrehung der Läufer gegeneinander ruft ein Rückführungsmoment hervor, genau so, als wenn beide Läufer durch eine drehelastische Welle bestimmter Länge unmittelbar mechanisch gekuppelt wären. Man hat es also bei der Untersuchung auf Drehschwingungen nicht nur einerseits mit dem Dieselsatz und anderseits mit dem Massensystem Propellermotor, Schraubenwelle und Schraube zu tun, sondern alle diese Schwungmassen bilden gemeinsam ein zusammenhängendes Schwingungssystem. Je nach der Weichheit der „elektrischen Kupplung" ändern sich die Eigenfrequenzen der Einzelsysteme meist nur wenig. Der Umstand muß aber beachtet werden sowohl hinsichtlich der Dieselkritischen als auch im Hinblick auf die von den Schraubenflügeln herrührenden Drehimpulse [49].

Die Dämpfung der elektrischen Übertragung ist hierbei vorteilhafterweise gewöhnlich so groß, daß schon sehr große Impulse dazu gehören, die beiden Systeme außer Tritt zu bringen.

4. Einphasen-Synchron- und Einphasen-Kommutator-Maschinen.

Sie haben bekanntlich ein mit der doppelten Frequenz des Netzes pendelndes Drehmoment. Das mechanische Schwingungssystem Motorläufer + Welle + angetriebener Läufer darf daher keine Eigenfrequenz in der Nähe dieser Drehmomentperiode haben.

5. Kurzschluß in Synchronmaschinen.

Jede Synchronmaschine erzeugt bekanntlich bei plötzlichem Kurzschluß außerordentlich starke hin und her drehende Momente, die mit Netzfrequenz und den zugehörigen Harmonischen pulsieren [50, 51, 52]. Hierdurch werden mechanische Ausgleichvorgänge hervorgerufen, die vielfach so hohe Beanspruchungen mit sich bringen, daß man jeden Synchronmaschinensatz, gleichgültig, ob es sich um einen Dieselsatz, einen Turbo, einen Motorgenerator oder einen Kompressor handelt, stets auf seine Betriebssicherheit in dieser Hinsicht prüfen sollte.

Schlußbetrachtung.

Wir haben eingangs ausgeführt, daß die Entwicklung eine fortgesetzte Steigerung der Schwingungsgefahren mit sich bringt. Auf weite Sicht wird daher zweifellos derjenige im Vorteil sein, der sich in der Vorausbeurteilung rechtzeitig genügende Treffsicherheit erarbeitet hat, um einwandfreien Betrieb auch dann garantieren zu können, wenn die primitiveren Verfahren versagen. Für den vorausschauenden, in der Mechanik in „Drang und Zwang", Werkstoffkunde [53] und Meßtechnik [54, 55] bewanderten Ingenieur bietet sich hier nach den obigen Ausführungen ein reiches und dankbares Arbeitsfeld.

Zusammenfassung.

Die beiden wichtigsten Erscheinungsformen kritischer Drehzahlen im Elektromaschinenbau wurden ausführlich besprochen, einige kritische Drehzahlen anderer Art, die heute ebenfalls schon aus dem Bereich des Nebensächlichen herausgetreten sind, kurz gestreift. Es wurde gezeigt, in welcher Richtung die weitere Forschungsarbeit im Interesse schwingungstechnisch einwandfreier Maschinen zu liegen hat.

Aus dem Schrifttum.

1 Holzer, Die Berechnung der Drehschwingungen, Berlin: J. Springer, 1921.
2 Wydler, Drehschwingungen in Kolbenmaschinenanlagen und das Gesetz ihres Ausgleichs, Berlin: J. Springer 1922.
3 Frahm, Ein neuer Torsionsindikator mit Lichtbildaufzeichnung und seine Ergebnisse, Z. VDI 62 (1918) S. 177.
4 J. Geiger: Der Torsiograph, ein neues Instrument zur Untersuchung von Wellen, Z. VDI 60 (1916) S. 811.
5 O. Föppl, Drehschwingungen von Wellen, Z. angew. Math. Mech. 1 (1921) S. 367.
6 Grammel, Die Berechnung der Drehschwingungen von Kurbelwellen mittels der Frequenzfunktionen-Tafel, Ing.-Arch. 3 (1932) S. 277.
7 Gradstein, Erzwungene Torsionsschwingungen von Kurbelwellen, Ing.-Arch. 3 (1932) S. 206.
8 Grammel, Klotter, v. Sanden, Die elastischen Verformungen von Kurbelwellen bei Torsionsschwingungen, Ing.-Arch. 7 (1936) S. 439.
9 Kluge, Zur Ermittlung kritischer Drehzahlen von Kurbelwellen, Ing.-Arch. 2 (1931) S. 119;
Bestimmung kritischer Drehschwingungszahlen durch Versuch und Rechnung, Forsch. Ing.-Wes. 5 (1934) S. 260.
10 Schunck, Berechnung der kritischen Umlaufzahlen für die Welle eines Flugzeugmotors, Ing.-Arch. 2 (1932) S. 591.
11 Grammel, Die Schüttelschwingungen der Brennkraftmaschinen, Ing.-Arch. 6 (1935) S. 59.
12 Brandt, Untersuchungen über die Erregung von Drehschwingungen in Reihenmotoren, Jb. dtsch. Versuchsanst. Luftf. 1931, S. 343.
13 Stieglitz, Neuere Ergebnisse auf dem Gebiet der Kurbelwellenschwingungen, 159. Bericht der Deutsch. Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V., Berlin 1931.
14 Stodola, Drehschwingungen in Mehrkurbelwellen, Z. angew. Math. Mech. 9 (1929) S. 349.
15 Vollmar, Beitrag zur Berechnung von Drehschwingungen und Dämpfern, Z. techn. Mech. und Thermodynamik 1 (1930) S. 22.
16 J. Geiger, Dämpfung bei Drehschwingungen von Motoren, Z. VDI 78 (1934) S. 1353.
17 Geiger, Die Beseitigung kritischer Torsionsdrehzahlen durch elastische Kupplungen, Werft Reed. Hafen 15 (1934) S. 341.
18 Iglisch, Über den Resonanzbegriff bei nichtlinearen Schwingungen, Z. angew. Math. Mech. 17 (1937) S. 249.
19 Rembold, Jehlicka, Das Verhalten federnder Kupplungen im Betrieb, Forsch. Ing.-Wes. 8 (1937) S. 109.
20 Klotter, Über die freien Bewegungen einfacher Schwinger mit nicht gerader Kennlinie, Ing.-Arch. 7 (1936) S. 87.
21 Duffing, Erzwungene Schwingungen bei veränderlicher Eigenfrequenz und ihre technische Bedeutung, Braunschweig: Fr. Vieweg & Sohn, 1918.
22 Rüdenberg, Unharmonische Schwingungsformen mit großer Amplitude, Z. angew. Math. Mech. 3 (1923) S. 454.
23 F.M. Lewis, Vibration during acceleration through acritical speed, Trans. Amer. Soc. mech. Engrs. 54 (1932) S. 253.
24 Pöschl, Das Anlaufen eines einfachen Schwingers, Ing.-Arch. 4 (1933) S. 98.
25 Hütte, 23. Aufl. 1. Bd., Berlin: Ernst & Sohn, 1920. S. 946.

26 Schönfelder, Einfluß elastischer Kupplungen auf den Lauf von Dieselaggregaten, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 49 (1931) S. 673 u. 695.
27 Stodola: Dampf- und Gasturbinen, Berlin: J. Springer 1922, S. 381.
28 Holba, Berechnungsverfahren zur Bestimmung der kritischen Drehzahlen von geraden Wellen, Wien: J. Springer 1936.
29 Zerkowitz, Zur praktischen Berechnung von Biegungsschwingungen umlaufender Maschinenaggregate, Z. angew. Math. Mech. 9 (1929) S. 487.
30 Grammel, Annäherungsverfahren zur Berechnung der Biegungsschwingungszahlen von Wellen, Ergebn. exakt. Naturw. 1 (1922) S. 92.
31 O. Föppl, Berechnung der Biegungsschwingungszahl einer Welle, die mit mehreren Lasten behaftet ist, Z. angew. Math. Mech. 7 (1927) S. 72.
32 Hohenemser, Praktische Wege zur angenäherten Schwingungsberechnung elastischer Systeme, Ing.-Arch. 1 (1930) S. 271.
33 Traenkle, Berechnung kritischer Drehzahlen beliebiger Ordnung nach dem Verfahren von Ritz, Ing.-Arch. 1 (1930) S. 499.
34 Wichert, Schüttelerscheinungen, Forsch.-Arb. Ing.-Wes. H. 266, 1924.
35 Pedersen, Subharmonics in forced oscillations in dissipative systems, Ingeniorsvidenskabelige Skrifter A Nr. 35, Kopenhagen 1933.
36 L. Cremer, Über nichtlineare Schwingungssysteme, Fachbericht VDI-Hauptversammlung Kiel 1937.
37 J. P. Den Hartog u. Mesmer, Mechanische Schwingungen, Berlin: J. Springer 1936.
38 Stone, Stress analysis in electrical rotating machinery, Trans. Amer. Soc. mech. Engrs. 48 (1926) S. 679.
39 K. Schmidt, Gehäuseschwingungen von Gleichstrommaschinen als Ursache magnetischen Geräusches, Arch. Elektrotechn. 32 (1938) S. 487.
40 Wyss, Die Kraftfelder in festen elastischen Körpern, Berlin: J. Springer 1926.
41 Dreyfuß, Eigenschwingungen von Systemen mit periodisch veränderlicher Elastizität, A. Föppl zum 70. Geburtstag, Berlin: J. Springer 1924.
42 Schönfelder, Die Bedeutung der Arbeitsleisten in Teilfugen für die Steifigkeit der Konstruktion, Z. VDI 77 (1933) S. 1070. La importancia de los retallos en las juntas. de elementos de maquinas. Ingen. y Constr. 12 (1934) S. 681.
43 A. u. L. Föppl, Drang und Zwang Bd. 2, 1. Aufl. § 88, München u. Berlin: R. Oldenbourg, 1920.
44 O. Föppl, Aufschaukelung und Dämpfung von Schwingungen, Berlin: J. Springer. 1936.
45 W. E. Johnson, The transient vibrations of machines, Gen. Electr. Rev. 37 (1934) S. 423.
46 Koch, Das Aufschaukeln im Resonanzfalle infolge des Einschwingvorganges, Ing.-Arch. 6 (1935) S. 253.
47 C. Meyer, Die elektrischen Anlagen des turboelektrisch angetriebenen Fahrgastschiffes „Potsdam", ETZ 56 (1935) S. 809.
48 Lesch u. Prüß, Das Elektromotorschiff „Wuppertal", ETZ 58 (1937) S. 1106; Werft, Reed., Hafen 15 (1934) S. 192.
49 Kempf u. Foerster, Hydromechanische Probleme des Schiffsantriebs. Berlin: J. Springer 1932.
50 Rikli, Über die Bremswirkung bei plötzlichem Kurzschluß von Wechselstrom-Generatoren, Bull. Oerlikon Nr. 48 (1925) S. 201.
51 Nickle, Pierce u. Henderson, Single-phase short-circuit torque of a synchronous machine, Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 51 (1932) S. 966.
52 Stone u. Kilgore, Transient torques in synchronous machines, Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 52 (1933) S. 945.
53 Lehr, Spannungsverteilung in Konstruktionselementen, Berlin: VDI-Verlag 1934.
54 J. Geiger, Mechanische Schwingungen und ihre Messung, Berlin: J. Springer, 1927.
55 Koch u. Zeller, Schwingungsmeßverfahren und ihre Anwendung in der Praxis, Z. VDI 80 (1936) S. 1440.

Zerstörungen durch Lagerströme.

DK 620.193.7-233.2 : 621.313.3-81

Das bronzene Schneckenrad einer 6000 kW-Dampfturbine, das Zahnradölpumpe und Drehzahlregler antreibt, war stärkster Abnutzung an den Zahnflanken ausgesetzt; bereits nach 30 bis 40 Betriebsstunden wurde durch das inzwischen eingetretene große Zahnflankenspiel die ölgesteuerte Frischdampfregelung derart unruhig, daß die Maschine stillgesetzt und mit einem neuen Schneckenrad ausgerüstet werden mußte. Es wurde laufend eine große Anzahl solcher Schneckenräder verbraucht, bis der Übelstand erkannt und beseitigt war.

Abb. 1. Vereinfachte Darstellung des Laufzeuges mit der Meßanordnung.

Die Flanken der abgenutzten Räder waren glatt und blank poliert, so daß der Gedanke, der Verschleiß könne durch einen elektrischen Strom verursacht sein, zunächst verworfen wurde. Die Politur der Zähne und der in der Ölwanne unter dem Rad gefundene Bronzestaub verleiteten zur Annahme rein mechanischer Zerstörung, zumal zwischen Wellenzapfen und Erde nur ein Potential von 1,5 mV festgestellt wurde. Die verschiedensten Veränderungen an der Ölbrause und Ölmenge brachten nicht den geringsten Erfolg.

Als sich ergab, daß sich mit Hilfe eines Spitzenzirkels ansehnliche elektrische Funken zwischen Wellenzapfen und Lagergehäuse ziehen ließen, wurde die voll erregte und belastete Maschine gemäß Abb. 1 unter Zuhilfenahme eines Millivoltmeters durchgemessen.

Es ergaben sich hierbei folgende Werte:

$a_+ \ldots E_-$	1,5 mV	Gleichstrom,
$a_- \ldots b_+$	20 „	Gleich- und Wechselstrom,
$a_- \ldots c_+$	60 „	„ „ „ ,
$b_+ \ldots c_-$	23 „	„ „ „ ,
$b_+ \ldots E_-$	18 „	Gleichstrom,
$c_+ \ldots E_-$	70 „	Gleich- und Wechselstrom.

Hiernach wurde eine mit dem Lagergehäuse verbundene Kupfergewebebürste auf den Wellenzapfen gemäß Abb. 2 aufgesetzt und die Messungen wiederholt:

$a \ldots E$	0,	
$a_- \ldots b_+$	20 mV	Gleichstrom,
$a_- \ldots c_+$	4 „	Gleich- und Wechselstrom,
$b_+ \ldots c_-$	20 „	„ „ „ ,
$b_+ \ldots E_-$	21 „	Gleichstrom,
$c_+ \ldots E_-$	4 „	Gleich- und Wechselstrom.

Zu erwähnen ist noch, daß die fliegend angeordnete Erregermaschine sowie das erregerseitige Generatorlager keine elektrische Isolierung gegen die Maschine besitzen. Die Lagerströme entstehen bekanntlich bei mehrpoligen

Abb. 2. Anordnung der Bürste zur Ableitung des Lagerstromes.

Maschinen mit geteiltem Ständergehäuse durch den magnetischen Widerstand der Teilfugen; ein wechselnder magnetischer Fluß umschlingt die Welle und induziert in den Materialfasern eine Wechselspannung, wobei das Verhältnis der Zahl der Teilfugen zur Zahl der Polpaare eine wichtige Rolle spielt[1]). Auch zweipolige Maschinen mit ungeteiltem Ständer, wie im vorliegenden Falle, erzeugen Lagerströme, wenn der Läufer nicht zentrisch in der Gehäusebohrung läuft. Die geringste Verlagerung gibt bereits Anlaß zu Wellenspannungen. Die Stöße der geschichteten und sich überlappenden Ständerbleche ver-

---
[1]) Siehe ETZ 50 (1929) S. 417.

ursachen bei höherer Sättigung überlagerte Oberschwingungen.

Diese Wechselströme können jedoch keine elektrolytischen Wirkungen hervorbringen, wozu nur Gleichstrom befähigt ist.

Bei nicht genau zentrischer Lage des Läufers geht durch die Ständerbohrung ein wechselnder Streufluß axial auch durch die Läuferwelle. Der magnetische Streufluß schneidet jede Radialfaser der in rascher Umdrehung befindlichen Welle, und es wird nach dem Prinzip der Unipolarmaschine eine Gleichspannung erzeugt. Die mit Unipolarmaschinen erzeugten Spannungen sind bekanntlich sehr gering, doch liefern diese Maschinen beträchtliche Stromstärken, durch die Turbinenlager und Bronzeschneckenräder in kürzester Zeit zerstört werden können und die deshalb sehr gefürchtet sind. Eine wirksame Abhilfe ist eine auf die Welle aufgesetzte Kupfergewebebürste, die mit der Masse des Generatorgehäuses gut leitend verbunden ist.

Zur Vervollständigung des Bildes muß noch angeführt werden, daß durch einen geringfügigen mechanischen Fehler, der beseitigt wurde, die Ölpumpe etwas schwer ging. Durch die verhältnismäßig hohe mechanische Pressung und Reibung an den Eingriffsstellen der Flanken wurden die punktförmigen elektrolytischen Zerstörungen stetig wegpoliert, so daß anfänglich die zerstörende Arbeit des elektrischen Stromes nicht erkannt wurde.

Die Maschine läuft nach Behebung des Fehlers seit rd. einem Jahr im täglichen Betrieb, ohne daß am Schneckenrad ein Verschleiß zu erkennen ist. Gg. Pölitz VDE.

Feinstufige Einhub- (Schwingregler-) Obussteuerung für Reihenparallelschaltung.

Von H. Hermle VDE und H. Balke, Berlin.

DK 621.335.43.062.3-831.1

Übersicht. Es wird eine feinstufige Schwingreglersteuerung beschrieben, bei der die Regelung in der Reihenschaltung willkürlich und in der Parallelschaltung selbsttätig erfolgt. Damit ist das Ziel, eine leicht bedienbare Feinhub-Obussteuerung für Reihen-Parallel-Schaltung und Einhubbetätigung zu erhalten, erreicht.

Für die Regelung der Anfahrgeschwindigkeit von elektrischen Fahrzeugen werden Steuerungen mit großer Stufenzahl bevorzugt, um ein ruckloses Anfahren zu erzielen. Man unterscheidet dabei zwischen Vielstufen- und Feinstufen-Fahrschaltern. Bei ersteren beträgt die Stufenzahl etwa 15 bis 20; für die Feinstufer, die eine sehr einfache Ausführung der Regeleinrichtung ergeben, werden meist 100 Stufen und mehr gewählt, um zur Vermeidung von Lichtbogen eine geringe Stufenschaltleistung an den einzelnen Kontakten zu erreichen.

Die Feinstufer können als Kommutator in üblicher runder Bauart oder als geradlinige Kontaktbahn ausgeführt werden[1]).

Auch für Oberleitungsomnibusse wird neuerdings die viel- und feinstufige Regelung verwendet. Dabei mußte die Steuerung der Fußhebelbedienung angepaßt werden. Ausgeführt worden sind:

1. Vielstufige Fahrschalter für einen Triebmotor mit Einhubbetätigung.
2. Vielstufige Fahrschalter für zwei Triebmotoren in Reihenparallelschaltung mit Ein- oder Zweihubbetätigung.
3. Feinstufige Fahrschalter für Reihenparallelschaltung zweier Motoren mit Zweihubbetätigung.

Eine neue Obus-Feinstufersteuerung verwendet eine ebene Kontaktbahn und schwingende Kontakte. Die Anordnung ist so getroffen, daß mit einem einzigen Hub des Fußhebels die Anfahrt des Fahrzeuges in Reihenparallelschaltung geregelt wird. Der größte Teil des Fußhebelweges ist dabei für die Regelung in der Reihenschaltung vorgesehen, in der die Beschleunigung willkürlich erhöht oder verringert werden kann. Die letzte Reihenstellung ist fühlbar gerastet, sie dient der Dauerfahrt, wenn nur geringe Fahrgeschwindigkeiten erreichbar sind. Weiteres Durchtreten des Fußhebels um ein kurzes Stück in die ebenfalls gerastete Parallelstellung stellt die Parallelschaltung selbsttätig her. Die selbsttätige Regelung wird durch eine stromabhängige Dämpfung überwacht, die auch schon bei der Reihenschaltung wirkt und ein zu schnelles Durchtreten des Fußhebels auch bei der willkürlichen Regelung verhindert. Die willkürliche Regelung ist nur im unteren Geschwindigkeitsbereich erforderlich, im oberen tritt die selbsttätige ein; sie ergibt schnellstes Hochregeln auf volle Geschwindigkeit.

a, b, c, d Nockenschalter *A* u. *E* Anfangs- bzw. Endstellung
s Shuntschalter der Kontaktbürsten

Abb. 1. Starkstromschaltbild.

Die Starkstromschaltung ist dabei nach Art des Straßenbahnschaltwerkes[2]) aufgebaut, bei dem die Kontakte und Widerstände bei Reihenschaltung in der einen und bei Parallelschaltung in der anderen Richtung durchschaltet werden (Abb. 1).

Es sind zwei Kontaktbahnen mit zugehörigen Widerständen vorgesehen, über die beim Regeln in Reihe die Gleitkontakte in der einen und nach Übergang auf Parallelschaltung in der anderen Richtung bewegt werden. Durch Betätigen des Fußhebels werden zunächst die Nockenschalter *a, b* geschlossen und dadurch beide Kontaktbahnen samt Widerständen in Reihe geschaltet; die durch Pfeile angedeuteten Kontaktbürsten stehen in Stellung *A*. Durch Weiterbewegen des Fußhebels erfolgt die Regelung in Reihe (wie punktiert angedeutet) bis zur Stellung *E*, die Widerstände sind dann kurzgeschlossen, und die Motoren laufen in Reihenschaltung ohne Widerstände mit vollen Feldern.

Bei weiterem Durchtreten des Fußhebels werden die Nockenschalter *c, d* geschlossen und dadurch die Motoren über die Widerstände in Parallelschaltung an das Netz gelegt. Das Umschalten von Reihe auf Parallel erfolgt demnach ohne Leistungsverringe-

[1]) Siehe Hermle, ETZ 59 (1938) H. 33, S. 869, und Hille, Elektr. Bahnen 1 (1925) H. 1, S. 24.

[2]) Siehe Hermle, AEG-Mitt. (1932) S. 209.

rung, da die Motoren einmal in Reihe ohne Widerstand und gleichzeitig mit Vorschaltwiderstand parallel am Netz liegen. Dann werden die Nockenschalter *a, b* geöffnet und die Kontaktbürsten in der umgekehrten Richtung bis in ihre Anfangslage *A* zurückbewegt, die zugleich die letzte Parallelstellung mit vollem Feld ist. Eine kurze Weiterbewegung des Fußhebels in die Endlage stellt die Feldschwächungsschaltung in Parallel her, und zwar erst dann, wenn sämtliche Widerstände durch den Kontaktschlitten ausgeschaltet sind.

Wie Abb. 1 zeigt, wird in Parallelschaltung die Geschwindigkeit jedes Motors durch seine Kontaktbahn mit den zugehörigen Widerständen geregelt. Die Spule des Stromwächters für die Dämpfung ist so geschaltet, daß sie in Reihe und Parallel stets von dem einfachen Motorstrom durchflossen wird und dadurch beide Motoren voll ausgenutzt werden können.

1 Kontaktschienen	*4* Joch	*7* Lenker	*10* drehbare Nase
2 Bürstensatz	*5* Lasche	*8* Rolle	*11* Rückholfeder
3 Regelkontakte	*6* Schwinge	*9* Hebelarm	*12* Zahnsegment

Abb. 2. Schematische Darstellung des Schwingreglers.

Jede Kontaktbahn enthält 62 Stufen, beide Bahnen sind versetzt angeordnet, so daß sich für die Reihenschaltung 124 Stufen, für die Parallelschaltung 2 × 62 Stufen und eine Feldschwächungsstufe ergeben. Es sind also drei wirtschaftliche Fahrstufen vorhanden: Reihenschaltung, Parallelschaltung mit vollem Feld und Parallelschaltung mit Feldschwächung.

Der in Abb. 2 schematisch dargestellte feinstufige „Schwingregler" für Obusse ist so ausgebildet, daß die Kontakte und sämtliche eine Wartung benötigenden Teile dem Straßenstaub entzogen und vom Wageninnern aus zugänglich sind. Die Anfahrwiderstände sind fest mit der Kontaktbahn verbunden, unterhalb derselben angeordnet und damit in beiden Richtungen der Kühlung durch den Fahrluftstrom ausgesetzt.

Der Stromzuführung dienen zwei Kontaktschienen *1*, von denen der Strom mittels Bürstensatz *2* den Regelkontakten *3* zugeführt wird. Die Bürsten *2* sitzen im Joch *4* und haben Bürstenhalter und Federn normaler Ausführung. Das Joch *4* ist an einer Lasche *5* befestigt, die die Schwinge *6* und den Lenker *7* verbindet. Diese Anordnung bewirkt eine Parallelführung des Bürstenjoches und somit der Kontaktbürsten, die beim Drehen des Hebelpaares *6—7* über die Kontaktbahnen gleiten.

An der Schwinge *6* ist eine Rolle *8* angeordnet; gegen diese liegt die drehbare Nase *10* des Hebelarmes *9*, die durch eine Drehfeder mit ihrem Anschlag in eine bestimmte Lage gehalten ist. Wird durch den Fußhebel der Hebelarm *9* bewegt, so wird durch die Nase *10* die Rolle *8* mitgenommen und die Schwinge *6* ebenfalls gedreht. Damit werden die Kontaktbürsten über den Regelbereich bis in die letzte Reihenstellung geführt. Bei Rückbewegung des Fußhebels dreht die Rückholfeder *11* den Hebel *6* und die Kontakteinrichtung ebenfalls zurück.

Abb. 2 zeigt ferner die Betätigung der Nockenschalter durch den Fußhebel. Zur Einleitung der Parallelschaltung ist nur notwendig, den Fußhebel über die Raste der letzten Reihenstellung ein kurzes Stück hinaus in die zweite Raste zu bewegen. Dadurch werden zunächst die Nockenschalter für Parallelschaltung geschlossen und die für Reihenschaltung geöffnet. Die Nase *10* des Hebels *9*, die auch in der letzten Reihenstellung noch immer hinter der Rolle *8* liegt, gleitet jetzt über diese hinweg, weil die Eingriffszonen der Nase und Mitnehmerrolle infolge der verschiedenen Längen der Schwinge *6* und des Hebels *9* und der Anordnung ihrer Drehpunkte sich nicht mehr überdecken. Die Rolle *8* ist jetzt frei, so daß die Schwinge *6* mit den Kontaktbürsten trotz Festhalten des Fußhebels in der Parallelstellung durch die Feder *11* zurückbewegt wird und die Regelung in der Parallelstellung selbsttätig erfolgt. Die Rückbewegung in Parallel wird nun ebenso wie die Hinbewegung in Reihe von der stromabhängigen Dämpfung beeinflußt, die durch das Zahnsegment *12* mit der Schwinge *6* verbunden ist.

a Gestell	*d* Fahrtrichtungswalze
b Betätigungshebel	*e* Kontakteinrichtung
c Nockenschalter mit Funkenkamin	*f* Fahrhebel
	g Bremshebel

Abb. 3. Gesamtansicht der Obussteuerung.

Die Dämpfung erfolgt durch Öl; sie ist bereits bei dem oben erwähnten Straßenbahnschaltwerk verwendet worden und hat sich seit Jahren im Betrieb bewährt. Sie besteht aus einem Doppelkolben, der durch einen Zahntrieb in einem Zylinder bewegt wird und ein Ölvolumen über einen Umlaufkanal kleinen Querschnitts bewegt, so daß die Bewegung verlangsamt wird. Der Durchlaßquerschnitt des Umlaufkanals wird noch durch ein Drosselventil verringert, sobald der Motorstrom einen bestimmten Wert erreicht und die Spule den Anker anzieht. Dann wird die Geschwindigkeit des Kontaktschlittens verringert. Klingt der Strom ab, so öffnet das Ventil wieder und die Bewegung wird schneller; steigt der Strom hierauf wieder an, so sinkt die Schaltgeschwindigkeit von neuen usw., bis die Endlage in Parallel erreicht ist. Anschließend kann die Feldschwächung je nach Bedarf vom Fahrer willkürlich eingeschaltet werden. Beim Loslassen des Fußhebels

werden unabhängig von der Stellung des Kontaktschlittens sofort sämtliche Nockenschalter geöffnet und damit die Motoren abgeschaltet. Gleichzeitig wird auch der Hebel *9* zurückgedreht und dessen Nase *10* entgegen der Drehfeder geschwenkt, so daß die Nase wieder hinter die Mitnehmerrolle *8* schnappt und das Einschalten erneut erfolgen kann. Da das Öffnen der Nockenschalter in der umgekehrten Reihenfolge geschieht wie bei der Reihenparallelschaltung, erfolgt die Abtrennung der Motoren nicht unmittelbar, sondern über die kurzzeitig eingeschalteten Anfahrwiderstände. Infolgedessen spielt sich die Entlastung der Motoren wesentlich sanfter ab, so daß sie von den Fahrgästen nicht verspürt wird.

Die Widerstandselemente sind haarnadelförmig gebogene Widerstandsdrähte, die in Kontaktösen durch Klemmschrauben mit der Kontaktbahn sicher verbunden sind. Für jede Stufe ist ein solches Element vorgesehen, das nach Lösen der Klemmschrauben nach unten herausgezogen werden kann. Die Bemessung der Einzelwiderstandselemente kann nach Maßgabe des erforderlichen Ohmwertes und der zu erwartenden Belastung erfolgen.

Die Gesamtanordnung zeigt Abb. 3. In dem aus Profileisen geschweißten Gestell sind oben die Betätigungshebel der Kontakteinrichtung, die Nockenschalter mit Funkenkamin und darüber die Starkstrom-Fahrtrichtungswalze, die auch Stellungen für Motortrennschaltung besitzt, angeordnet und mit den Betätigungshebeln bekannterweise verriegelt. Im mittleren Teil sitzt die Kontakteinrichtung und rechts die Anschlußtafel. Der untere Teil enthält nur die Widerstände, die gut gelüftet und schwingungsfest angeordnet sind.

Die Fußhebelanordnung wird je nach Anordnungsmöglichkeit im Fahrerraum mehr oder weniger ausladend ausgebildet und gegebenenfalls am Fahrzeug befestigt. Links ist der Fahrhebel, rechts der Bremshebel angeordnet. Beim Betätigen des Bremshebels wird die Kontakteinrichtung ausgelöst und der Motorstrom auch bei festgehaltenem Fahrhebel durch die Nockenschalter sofort unterbrochen. Ein Wiedereinschalten kann nur nach Loslassen des Bremshebels und nach Zurücknahme des Fahrhebels in die Ausschaltstellung erfolgen. Der Einhubschwingregler wird im Fahrerraum unmittelbar hinter der Stirnwand des Wagens aufgestellt.

Zusammenfassung.

Der Schwingregler gestattet im Anfahrbereich und bei den im Stadtverkehr erforderlichen Geschwindigkeiten die notwendige willkürliche Regelung in Reihenschaltung. Vielseitige Beobachtungen haben gezeigt, daß eine willkürliche Regelung über eine gewisse Geschwindigkeit hinaus nicht mehr erforderlich ist. Die selbsttätige Regelung ist deshalb in Parallel nicht nur am Platze, sie bringt vielmehr eine Entlastung des Fahrers, der jetzt mit festliegendem Fuß sein Fahrzeug in kürzester Zeit selbsttätig auf die höchste Geschwindigkeit bringen kann. Die Ausnutzung des Hin- und Rückganges der Gleitkontakte bedeutet, daß für den gesamten Regelvorgang in Reihenparallelschaltung die Bewegungsarbeit nur einmal geleistet zu werden braucht. Auch die Verschleißbeanspruchung der Kontakteinrichtung wird dadurch gering. Durch die wechselnde Schaltrichtung wird ferner eine gleichmäßige Belastungsverteilung innerhalb der Widerstände erreicht.

Fremderregte Stromwandler als Universalwandler zum Oszillographieren von Wechselströmen mit Gleichstromgliedern.

Von Werner Krämer VDE, Berlin.

621.314.224.3 : 621.317.35.025+.024.2

Übersicht. Eine Abart des Gleichstromwandlers wird beschrieben, die als Oszillographenwandler die Aufnahme von Gleichstrom-Wechselstrom-Gemischen beliebiger Zusammensetzung gestattet.

Bereits an anderer Stelle wurde berichtet[1]), daß der Gleichstromwandler mit Doppelring und Gegenschaltung der sekundären Wechselstromwicklungen sich auch zum Oszillographieren von Gleichströmen beliebiger Welligkeit eignet. Man wird hierzu zweckmäßig den gleichgerichteten Sekundärstrom dem Oszillographen zuführen, da die Kurvenform des sekundären Wechselstromes mit positiv und negativ gleichen Halbwellen kein zur Deutung anschauliches Bild ergibt. Aber auch hier sind der formgetreuen Übertragung des Primärstromes Grenzen gesetzt. Wird nämlich die Amplitude der überlagerten Wechselströme größer als das tragende Gleichstromglied, so daß eine mehr oder weniger kurzzeitige Stromumkehrung eintritt, so wird dieser Rückstrom im sekundären Gleichstrom, dessen Richtung ja ausschließlich durch die Polung des Gleichrichters bedingt ist, ebenfalls die Richtung der Hauptkomponente erhalten und damit das Bild des Primärstromes fälschen.

Trotzdem ist es möglich, dem Gleichstromwandler eine Form zu geben, die ihn zu einem Universalwandler für alle Gleich- und Wechselstromgemische macht, wenn man ihn ausschließlich zum Oszillographieren verwenden will.

---

[1]) W. Krämer, ETZ 58 (1937) S. 1309.

Der Kern eines derartigen Wandlers besteht nur noch aus einem einzigen Ring von hochpermeablem Werkstoff. Seine Sekundärwicklung ist an eine Wechselstrom-Hilfsspannung $U_\sim$ angeschlossen (Abb. 1). Da der Maximalwert der Wechselinduktion unter dem Sättigungswert liegt, ist der Magnetisierungsstrom sehr klein und bei richtiger Bemessung des Wandlers im Oszillographen nicht sichtbar. Im Sekundärkreis liegt außerdem der Nebenschluß *R* mit dem Oszillographenanschluß *S*.

Ist der Primärstrom I_1 reiner Wechselstrom, so wird dieser wie bei einem gewöhnlichen Stromwandler auf die Sekundärseite übertragen, da der innere Widerstand des angeschlossenen Wechselstromnetzes für den Wandler keine nennenswerte Bürde darstellt. Gegenüber dem normalen Wechselstromwandler besteht nur der Unterschied, daß sich der zur Hilfsspannung $U_\sim$ gehörende Fluß dem übertragenden Wechselfeld als kräftige Wechselvormagnetisierung überlagert. Da sich aber der Vorgang der Flußzusammensetzung im Bereich hoher Permeabilität abspielt, tritt hierdurch keine Verschlechterung der Wandlereigenschaft ein.

Abb. 1. Grundschaltung.

Die Wirksamkeit der Hilfsspannung beginnt erst beim Auftreten von Gleichstromgliedern im Primärstrom.

Nimmt man an, der Werkstoff des Ringkernes habe die in Abb. 2 dargestellte Magnetisierungskurve, d. h. sehr hohe Permeabilität bis zum Sättigungsknick, und hiernach schwaches lineares Ansteigen der Kurve durch einen dem Sättigungsfluß überlagerten Luftfluß, so nimmt die Sekundärwicklung einen Wechselstrom auf, dessen Größe und Kurvenform sich aus folgender Überlegung ergeben (Abb. 2).

Abb. 2. Abbildung des primären Gleichstromes durch einen sekundären Wechselstrom.

Zur Vereinfachung sei das Übersetzungsverhältnis $ü = 1$, und damit I_{1-} und AW_{1-} identisch. Dann ist durch den primären Gleichstrom I_{1-} der Kurvenpunkt P auf der Magnetisierungskurve gegeben, welcher die Gerade $\chi \| x$ festlegt. Während ohne Gleichstromvormagnetisierung der Wechselfluß um x pendelt, verschiebt er nach erfolgter Vormagnetisierung seine Symmetrieachse nach x' derart, daß der oberhalb von χ liegende Flußanteil $\Phi'_{\sim}$, der einen I_{1-} gleichgerichteten Magnetisierungsstrom verlangt, die gleiche Strommenge dem Wechselstromnetz entnimmt, wie sie der Flußanteil $\Phi''_{\sim}$ zu seiner Ausbildung in der Zeit t'' mit entgegengesetzter Stromrichtung braucht. Die Stromkurve erhält damit die erforderlichen flächengleichen Halbwellen, die der Bedingung

$$\int_0^{t'} i_{\sim}\, dt = \int_{t'}^{t''} i_{\sim}\, dt \quad (t' + t'' = 360° \text{ el.})$$

genügen. Angenommen, diese Grundbedingung sei durch die neue Symmetrieachse x' des Wechselflusses erfüllt, so kann die Wechselstromkurve $i_{2\sim} = f(t)$ ermittelt werden.

Abb. 3. Primärstrom mit (1) und ohne (1') Gleichstromanteil, 2 und 2' die entsprechende sekundäre Abbildung.

Die positive Stromhalbwelle erreicht schon für sehr kleine Werte von $\Phi''_{\sim}$ ihren Höchstwert $i_{\sim max} = I_{1-}$ und hält diesen Wert praktisch für die Dauer von t'' konstant, während die negative Stromhalbwelle eine hohe flächengleiche Stromspitze geringer Dauer (t') ausbildet[2]).

[2]) W. Krämer, ETZ 59 (1938) S. 1295.

Damit tritt im Oszillogramm des Sekundärstromes an die Stelle des Gleichstromes eine Reihe von rechteckähnlichen Trapezen, deren Höhe mit dem Abszissenabstand des primären Gleichstromes übereinstimmt und deren Basis fast 360° el. beträgt. Ihre Kuppen ergeben im Lichtbild des Oszillographen eine anschauliche Ersatzdarstellung des primären Gleichstromes, zumal die negativen Stromspitzen wegen ihrer großen Steilheit sehr lichtschwach sind. Bei einem Gemisch aus Gleich- und Wechselströmen überlagern sich letztere jetzt formrichtig der Ersatzkurve des Gleichstromes im Sekundärstrom. Dabei ist die Wechselstromübertragung unabhängig von der Größe der Gleichstromkomponente, da für die Dauer der positiven Rechteckkurven, die den Kompensationsstrom des primären Gleichstromes darstellen, das Eisen des Ringes von der Gleichstromvormagnetisierung befreit ist (Abb. 3).

Das Auftreten der charakteristischen Spitzen ist ein untrügliches Zeichen für Gleichstromanteile, die mit großer Empfindlichkeit angezeigt werden. Bei zeitlichen veränderlichen Gleichströmen geben sie eine bequeme Möglichkeit zur Zeitmessung (Abb. 4).

Während das Oszillogramm des Sekundärstromes ein echtes Abbild des primären Stromgemisches liefert, das sich nach Eichung des Oszillographen zahlenmäßig auswerten läßt, mißt ein Strommesser auf der Sekundärseite dieses Wandlers die Gleichstromkomponente falsch. Hierfür gibt Abb. 2 eine einfache Erklärung. Die positive Stromhalbwelle, die den Gleichstrom abbildet, indem ihre Amplitude mit dem primären Gleichstrom übereinstimmt, erstreckt sich mit diesem Höchstwert im Gegensatz zum normalen Gleichstromwandler fast über 360° el. und erreicht damit schon beinahe die Stromstärke des Gleichstromes. Die gleiche Strommenge liefert aber noch einmal die negative spitze Halbwelle. Es würde z. B. bei einem streuungsfreien Wandler mit rechteckiger Magnetisierungskurve die positive Halbwelle sich theoretisch genau über eine volle Periode ausdehnen und der Mittelwert des Sekundärstromes aus beiden Halbwellen sich gegenüber dem Primärstrom verdoppeln. Normalerweise ist der mit einem Strommesser gemessene Sekundärstrom bei einem Kern aus Mu-Metall um 70 % im Mittelwert höher als beim Gleichstromwandler.

Abb. 4. Abb. 5.

Abb. 4 u. 5. Entladung eines Kondensators (1), durch Universalwandler (2) und Wechselstromwandler (3) abgebildet.

Es muß noch auf eine Eigenart des Wandlers hingewiesen werden, deren Kenntnis für die Auswertung des Oszillogramms wichtig ist. Abb. 4 und 5 zeigen den Entladestrom eines Kondensators über einen ohmschen Widerstand

1. in seinem wirklichen Verlauf (unteres Bild),
2. als Sekundärstrom des Universalwandlers (mittleres Bild),
3. als Sekundärstrom eines Wechselstromwandlers (oberes Bild).

Bemerkenswert ist, daß beide Wandler in bezug auf Kern, Wicklung und Bürde völlig gleich sind. Während der Wechselstromwandler schon deutliche Abweichungen im Sekundärstrom zeigt, gibt der Universalwandler mit

seiner negativen Halbwelle ein formgetreues Bild des Vorganges. Im Punkt P wird der Primärkreis geöffnet. Trotzdem deuten beim Universalwandler die noch vorhandenen kurzen Spitzen das Vorhandensein eines sehr schwachen, abklingenden Gleichstromes an. Diese auf der Sekundärseite des Wandlers fließende Gleichstromkomponente wird durch den Abbau des Gleichstromfeldes Φ_g hervorgerufen, der nach Verschwinden des primären Gleichstromes einsetzt. Dieser Strom ist so klein, daß er nach Abb. 4 die maßgebende obere Halbwelle im Bild nicht sichtbar vergrößert. Sollte er trotzdem stören, so kann er durch Vergrößerung der sekundären ohmschen Dämpfung fast augenblicklich zum Verschwinden gebracht werden. Da hierdurch aber der Wandler überlastet würde, legt man parallel zum Dämpfungswiderstand ϱ (Abb. 6) einen Kondensator K, dessen Scheinwiderstand in der Größe der zulässigen Bürde liegt. Wählt man den Parallelwiderstand zu hochohmig, so vollzieht sich das Abklingen des Gleichstromgliedes über einen Schwingungsvorgang, der zu positiven Stromspitzen Anlaß gibt. Abb. 5 stellt die Wirkung der angegebenen Zusatzeinrichtung dar.

Abb. 6. Verbesserte Schaltung zur Unterdrückung des sekundären Ausgleichvorganges.

Abb. 7. Aufnahme eines pulsierenden Gleichstromes (I_1) a nach Schaltung Abb. 6, b nach Schaltung Abb. 1 (Kurve *3* mit Wechselstromwandler aufgenommen).

Die Überlegenheit des Universalwandlers gegenüber dem Wechselstromwandler kommt naturgemäß um so deutlicher zum Ausdruck, je langsamer sich die primären Gleichstromvorgänge abspielen. Abb. 7 zeigt die Wiedergabe einer periodischen Gleichstromschaltung mit und ohne Unterdrückung des sekundären Abklingvorganges.

Abb. 8. Abbildung eines Halbwellenstromes (I_1) a durch Wechselstromwandler b durch Universalwandler.

Abb. 8 stellt einen pulsierenden Gleichstrom von der Dauer einer Halbperiode dar. Durch Verwendung einer geeigneten Wechselstromphase — z. B. bei Anschluß eines Drehreglers — ist es immer möglich, die negative Halbwelle in ein unwichtiges Gebiet des Vorganges zu verlegen.

Die Hilfsspannung $U_\sim$ wird über den Wandler in den Primärkreis induziert. Ist dessen Widerstand so klein, daß dem Primärstrom ein merklicher zusätzlicher Wechselstrom überlagert wird, so empfiehlt es sich, einen zweiten Ringkern mit umgekehrtem Wickelsinn dem Wandler parallel zu schalten (gestrichelte Linie der Abb. 6), der die in den Primärleiter induzierte Wechselspannung aufhebt.

Sollen die negativen Ausgleichspitzen des Sekundärstromes von der Oszillographenschleife ferngehalten werden, so leitet man sie über eine Gleichrichterweiche aus Trockengleichrichtern nach Abb. 9 a. Hierzu ist allerdings erforderlich, daß der Primärstrom keinen negativen Augenblickswert hat. Bei periodischen Gleichstromimpulsen, wie z. B. beim Anodenstrom eines Gleichrichters, legt man zweckmäßig die negative Ausgleichspitze durch entsprechende Wahl der Spannungsphase in den stromfreien Teil der Periode. Unter Verwendung der Gleichrichterweiche wird der Sekundärstrom ein wirkliches Abbild des Primärstromes (Abb. 9 b). Er kann mit Strommessern gemessen und auch zu wattmetrischen Messungen verwandt werden. Damit ist es möglich geworden, auch bei hohen Anodenströmen in einfacher Weise die Lichtbogenverluste, den Anodenstrom und damit auch die mittlere Lichtbogenspannung unmittelbar zu messen.

Abb. 9. Übertragung eines Anodenstromes zu Meßzwecken.

Der neue Oszillographenwandler eignet sich zur Untersuchung von Schalt- und Ausgleichvorgängen aller Art, wo hohe Spannungen und Ströme die Anwendung von Shunts zum Oszillographieren erschweren. Bei der Verwendung von Kathodenstrahloszillographen ermöglicht er gleichzeitig in einfacher Weise die erforderliche Spannungsumformung.

Zusammenfassung.

Gleichstrom-Wechselstrom-Gemische werden durch fremderregte Stromwandler mit hochpermeablem Kern formrichtig und oszillographisch auswertbar übertragen. Die Verbindung des Oszillographenwandlers mit einem Trockengleichrichter gibt die Möglichkeit, die Lichtbogenverluste von Großgleichrichtern und damit die mittlere Lichtbogenspannung unmittelbar wattmetrisch zu messen.

Umgestaltung der Fernamtseinrichtungen in Frankreich seit 1931.

DK 621.395.3(44)

Nach Auswertung der Erfahrungen einer nach den V. S. Amerika entsandten Studienkommission entschloß sich die französische Telegraphenverwaltung Anfang 1931 zur Einführung des wartezeitlosen Ferndienstes[1]) (trafic direct). Grundzug der Entwicklung wurde die Unterteilung der Fernamtseinrichtungen in A-Plätze (Abgangs- einschließlich der Warteplätze), B-Plätze (Ankunftsplätze) und C-Plätze (Speicherplätze). Die Änderung des Fernleitungsnetzes unter Bereitstellung hochwertiger Leitungen zwischen den Durchgangsämtern (DF) und Abschaffung der Schnurverstärker und die Einrichtung des Wähldienstes in Landamtsgruppen erweiterten die Aufgabe.

Die Entwicklung brachte folgende Maßnahmen:

Einschränkung in der Verwendung von Speicherplätzen. Bei Bedarf werden einzelne Fernleitungen beiderseitig an Warteplätzen betrieben und durch Belegen mit dem Stöpsel eines Schnurpaares für die anderen Plätze als besetzt gekennzeichnet. Die Schlußlampe des Schnurpaares dient als Anruflampe.

Einführung der Lampen-Freianzeige für Fernleitungen. Die Lampen werden erst bei der Prüfung durch eine zum Klinkenstreifen gehörige Taste angelegt.

Vereinheitlichung der Schnurpaarausrüstung. Nach mehrmachen Änderungen sind sechs Schnurpaare an den A- und zwölf an den B-Plätzen angenommen worden. Dabei wird mit einer Stundenleistung von 20 bis 25 Verbindungen an den A-Plätzen und 60 bis 80 Verbindungen an den B-Plätzen gerechnet.

Der Rückruf zum Anmelder ist wegen der Nummernprüfung allgemein vorgeschrieben.

Die A- und B-Abteilungen sind in den Vielfachklinkenfeldern und in der Schnurschaltung unterschiedlich.

Bei großen Durchgangsfernämtern werden die Schaltungen durch die Bedingungen der neuen Netzgestaltung bestimmt. Diese Ämter verfügen über vier Arten von Fernleitungen, unter denen die Leitungen der Klasse 1 (Vierdrahtleitungen mit 0,3 Neper Restdämpfung) eine besondere Rolle spielen. Die Verwendung der einzelnen Arten von Leitungen ist durch Dienstvorschrift geregelt und durch besondere Anordnung der Leitungen im Klinkenfeld und Farbenunterscheidung in den Decklinsen ihrer Anruf- und Freilampen erleichtert. Die Ausstattung der Vierdrahtleitungen ist verwickelt (Doppelklinken, Dreischnurschaltung), damit bei allen Schaltbedingungen ein bestimmter elektrischer Zustand erhalten bleibt. Durchgangsverbindungen zwischen Vierdrahtleitungen werden unter Ausschaltung der Gabeln und Einfügung von Verlängerungsleitungen vierdrähtig ausgeführt. Anruf und Schlußzeichen werden selbsttätig, dieses beim Ziehen, jenes beim Einsetzen des Stöpsels, gegeben.

Erweiterungsfähige Vielfachumschalter.

Diese Umschalter stellen eine besondere Ausführung dar. Sie werden als Orts- oder als Fernschränke oder als Vermittlungsplätze für kombinierten Betrieb benutzt. Sie finden sich bei Ämtern mit nicht mehr als 200 Fernleitungen und werden dort in einer Reihe aufgestellt. Jeder Platz der Einheitsausrüstung kann leicht nach den Bedingungen der A- oder der B-Plätze geändert werden. Sammelplätze sind entbehrlich. Auf gerichteten Betrieb der Fernleitungen wird verzichtet, um doppelte Vielfachfelder zu vermeiden. Wo bei großen Fernämtern A- und B-Abteilungen getrennt werden müssen, werden die Anruflampen der Fernleitungen an drei bis sechs Plätzen der A-Abteilung wiederholt. In besonderen Fällen wird der Sammelbetrieb an die B-Plätze verlegt.

Das Vielfachfeld dieser Umschalter kann an einem Platz in zwanzigteiligen Klinkenstreifen 120 Fernleitungen mit Bezeichnung, Ruf- und Freilampen und 600 Teilnehmervielfachklinken mit Anrufzeichen aufnehmen, im Vielfachfeld über zwei Plätze das Doppelte. Das Teilnehmerklinkenfeld kann auch über drei und — wenn ein besonderes Ortsamt vorhanden ist — unter Weglassung der Anrufzeichen über vier Plätze gestellt werden und dann 2400 Anschlußleitungen umfassen.

Andere Fernamtseinrichtungen.

Für Fernämter, die mit Wählerlandzentralen zusammenarbeiten, ist der wartezeitlose Ferndienst allgemein vorgesehen und verschiedentlich schon eingerichtet. Bei Entwicklung der Fernschränke mußte in Kauf genommen werden, daß die von verschiedenen Lieferern bezogenen Einrichtungen voneinander abweichen. Schaltung, Kabelführung und Schrankform sind aber vereinheitlicht worden. Wichtig ist die Einführung eines Zwischenverteilers, der alle Schaltmöglichkeiten für die Änderung der Vielfachfelder und Anrufzeichen enthält. Die Teilnehmer werden über Zahlengeber und Speicher angesteuert, und zwar mit drei Ziffern in Ortsnetzen mit nur einer Vermittlungsstelle, mit fünf in Orten mit mehreren Ortsämtern. Die Schnurschaltungen erfüllen die allgemeinen Bedingungen und sind unterschiedlich für A- und B-Plätze und Vierdrahtverbindungen. Die Schrankform wurde durch Zahl und Größe der Vielfachfelder bestimmt. Angenommen wurde ein über vier Plätze gestelltes Vielfachfeld mit fünfzehnteiligen Streifen in zusammen elf Paneelen. Je zwei Plätze bilden eine Gruppe, die — ohne Unterbrechung des Vielfachfeldes — im unteren Teil von der folgenden Gruppe durch einen Holzeinsatz getrennt ist. Der Einsatz kann gegebenen Falles einen Zeitstempel aufnehmen. Das Schlüsselbrett ist wie üblich ausgestattet. Ein Laufband nach der Leitstelle kann eingebaut werden. Andere Zettelfördereinrichtungen gelten als unnötig bei wartezeitlosem Betrieb. Die Anrufzeichen für Fern- und Meldeleitungen sind auf mehrere Platzgruppen verteilt und acht- bis zehnmal wiederholt. Gleichmäßige Gruppenbelastung wird durch Mischung an den Wählerausgängen, durch Mischwähler oder Anrufssucher erreicht. In verkehrsschwacher Zeit können die Gruppen nach Belieben gesperrt werden.

Noch nicht erneuerungsbedürftige alte Fernamtseinrichtungen wurden unter Inkaufnahme verschiedener Abweichungen an die Bedingungen der neuen Betriebsart angepaßt. Die Arbeiten umfaßten besonders die dauernde Vielfachschaltung der Leitungen und die Zusammenfassung der Meldeanrufzeichen an A- und der Fernanrufzeichen an B-Plätzen. Die akustische Besetztprüfung wurde beibehalten und soweit nötig durch Schaltungsergänzungen ermöglicht. Die Anpassungsarbeiten sind bei ZB-Ämtern fast allgemein durchgeführt.

Verbesserungen bei OB-Ämtern.

Die Änderung der OB-Ämter war wichtig, weil mehr als 30 % der Teilnehmer an OB-Ämtern angeschlossen bleiben und von einem wartezeitlosen Ferndienst nicht gesprochen werden kann, wenn sich bei diesen Ämtern der Verbindungsaufbau wegen technischer Unzulänglichkeiten stark verzögert. Auch der Anschluß von Wählerlandzentralen mußte berücksichtigt werden.

Bei der Anpassung wurden in der jeweils einfachsten Form Vielfachklinken und Anrufsätze für die Überweisungsleitungen der Wählerlandzentralen teils in den Schränken selbst, teils auf Einsatzfeldern zwischen den Schränken untergebracht. Schwierigkeiten mit solchen Einrichtungen führten seit 1936 zum planmäßigen gleichartigen Umbau der OB-Ämter mit mindestens drei Plätzen, der erst einer Firma übertragen, dann aber in verbesserter Form von der Telegraphenverwaltung selbst durchgeführt wurde. *Kpr.*

[1]) Nach A. Chovet, Ann. Post. Télégr. Téléph. 27 (1938) S. 322.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.311.21.001.2 (45)

Geplante Kraftwerke in den Abruzzen (Italien). — Der steigende Energiebedarf Italiens zwingt, bei der vorhandenen Kohlenarmut, neue Wasserkraftwerke zu erbauen. Der nächste größere Schritt im Ausbau der noch im Lande vorhandenen Reserven ist die Errichtung einer Gruppe neuer Kraftwerke durch die „Terni" Società per l'Industria e l'Elettricità Anonima[1]) in der Provinz Teramo in den Abruzzen, zur Ausbeutung des Quell- und Niederschlagsgebietes am Gran Sasso, unter Ausnutzung des Flusses Vomano. Der Vomano, ein Fluß auf der adriatischen Seite der Apenninen, hat ausgesprochen „apenninischen" Charakter, d. h. er führt im Winter und Frühjahr starke Wassermengen, in den übrigen Jahreszeiten sehr geringe.

Abb. 1. Die geplanten Kraftwerke am Flusse Vomano (Abruzzen).

Es ist geplant, in der Höhe von 1350 m ein großes Staubecken beim Orte Campotosto anzulegen (Abb. 1). Dieses wird eine Fläche von rd. 150 km² bedecken und einen Wasserinhalt von rd. 170 Mill m³ erhalten. Auf diese Weise soll die Jahresregelung für die unterhalb gelegenen Werke erfolgen. Dem Stausee werden auch die Niederschlagswasser des Nordhanges des Gran Sasso (2440 m) durch einen zum Teil offenen Kanal und ein großes Pumpwerk, das beim ersten Kraftwerk geplant ist, zugeführt. Die im Staubecken zu speichernde Arbeit soll rd. 400 Mill kWh betragen.

Das Wasser des Stausees von Campotosto wird in einem ersten Kraftwerk bei einem Gefälle von rd. 300 m ausgenutzt, welches als Spitzenwerk dienen soll. Es wird Maschinengruppen von der Größenordnung von 37 000 kW erhalten und soll für 220 000 kW ausbaufähig erstellt werden. Mit der Überschußenergie wird das Pumpwerk betrieben werden. Der Abfluß wird auf der Höhe von 1060 m in einem kleinen Ausgleich-Staubecken von einem Inhalt von rd. 2,5 Mill m³, gesammelt und in einem Druckstollen, der auf seinem Laufe längs des Nordhanges des Gran Sasso noch andere Zuflüsse aufnimmt, weitergeführt. Nach rd. 13 km Lauf, wobei er auf rd. 990 m abfällt, erhält dieser Stollen die im vorerwähnten offenen 10 km langen Kanal gesammelten Zuflüsse des Gran-Sasso-Massivs. Kurz nach Aufnahme dieser Wässer biegt der Kanal um 90° nach Norden ab und erreicht nach 3 km das Wasserschloß des Kraftwerkes S. Giacomo.

Das dem Druckstollen und dem offenen Kanal zufließende Wasser kann über das Ausgleichbecken Provvidenza und das Pumpkraftwerk zum Staubecken Campotosto befördert werden, falls bei Energieüberschuß S. Giacomo kein oder weniger Wasser bedarf.

Das Kraftwerk S. Giacomo (400 m ü. M.) hat einen senkrechten Druckstollen von 650 m Höhe, es soll unmittelbar am Fuße des Schachtes in den Felsen gebaut werden. Ein senkrechter Parallelschacht enthält einen Fahrstuhl für die Bedienung und dient in der Bauzeit für die Zubringung der größeren Maschinenteile mittels eines entsprechend bemessenen Hebezeuges (50 t). In der Höhe des Kraftwerkes wird ein waagerechter Stollen in den Berg als Zugang und für den Transport kleinerer Teile vorgesehen.

Für dieses Kraftwerk sind sechs Einheiten vorgesehen, mit je einem Drehstromgenerator von 70 000 kVA, der von zwei Pelton-Einstrahlturbinen zu beiden Seiten angetrieben wird.

Die Transformatoren mit 230 kV hochspannungsseitig, und zwar je drei Einphasentransformatoren für jede Maschinengruppe, werden auf einem Bergvorsprung in der Höhe des Wasserschlosses aufgestellt. Es ist hier nämlich die Möglichkeit vorhanden, ein weitläufiges Freiluftschaltwerk zu errichten. Die Schienen für die Stromzuführung von dem Generator zu den Transformatoren befinden sich im Aufzugsschacht, der parallel zum Druckrohrschacht verläuft.

Auf der Unterwasserseite des Kraftwerkes S. Giacomo sind zur Ausnutzung des Wassers des Kraftwerkes und der Wassermengen, die der Vomano führt, noch weitere Werke mit einer Gesamtfallhöhe von rd. 300 m in Aussicht genommen, die sich jedoch in der Planung befinden.

Die geplanten beiden Wasserkraftwerke werden der Energiewirtschaft Italiens eine gute Stütze sein und die weitere Durchführung der Bahnelektrisierung gestatten. Es ist zu bedenken, daß die Werke Mittelitaliens arm an Speichermöglichkeiten sind und daß durch das geplante große Staubecken die Erddampfwerke in Larderello[1]) erhöhte Bedeutung gewinnen.

von Rautenkrantz VDE.

[1]) ETZ 58 (1937) S. 1375.

[1]) ETZ 59 (1938) S. 1242.

DK 621.315.21.017.7 : .015.1

Unausgeglichene Ströme in Kabelgruppen. [Nach C. F. Wagner, H. N. Muller, Jr., Electr. J. 35 (1938) S. 389; 2½ S., 5 Abb.]

Werden bei einer Mehrphasen-Wechselstromübertragung zwei oder mehr Kabel zu Kabelgruppen parallel geschaltet, so erwärmen sich die Kabel durch 1. die nutzbaren Lastströme, 2. die Ausgleichströme infolge unausgeglichener Spannungen und 3. — sofern Einzelleiter-Bleimantelkabel verwendet werden — die Mantelströme. Die Mantelströme lassen sich vermeiden bzw. aureichend klein halten durch verschiedene Maßnahmen[2]), wie z. B. durch Arbeitsstromschaltung der Mäntel an verschiedenen Stellen der Kabel und unabhängige Erdung der einzelnen Teillängen, durch Kreuzung der Mäntel (Vernichtung der induzierten Spannungen) oder durch Einschaltung von Stromtransformatoren.

Der die Ausgleichströme verursachende unausgeglichene Spannungsabfall berechnet sich für eine Kabelgruppe, bestehend aus den parallelen Einphasenkabeln A, B und C, sofern die Summe ihrer Belastungsströme gleich Null ist, zu:

[2]) Vgl. K. Gocht, Eisen- u. Rückstromverluste in wechselstromgespeisten Einphasenkabeln, Diss. T. H. Darmstadt 1930 [ETZ 54 (1933) S. 158]; ETZ 51 (1930) S. 1589, 56 (1935) S. 764; Elektrotechn. u. Masch.-Bau 54 (1936) S. 156 u. 337; Felten u. Guilleaume Rdsch. (1934) S. 15; Electr. Engng. 53 (1934) S. 1581; 54 (1935) S. 73; J. Amer. Inst. electr. Engrs. 48 (1929) S. 20; Distrib. Electr. (1935) S. 1797.

Leiter A:

$$E_A = r\,I_A + \mathrm{j}\,K\left[I_A \log\frac{1}{GMR} + I_B \log\frac{1}{d_{AB}} + I_C \log\frac{1}{d_{AC}}\right],$$

Leiter B:

$$E_B = r\,I_B + \mathrm{j}\,K\left[I_A \log\frac{1}{d_{AB}} + I_B \log\frac{1}{GMR} + I_C \log\frac{1}{d_{BC}}\right],$$

Leiter C:

$$E_C = r\,I_C + \mathrm{j}\,K\left[I_A \log\frac{1}{d_{AC}} + I_B \log\frac{1}{d_{BC}} + I_C \log\frac{1}{GMR}\right];$$

dabei ist: $r\,I$ der ohmsche Spannungsabfall,
K ein konstanter Faktor gleich $0{,}8822 \cdot 10^{-6} \cdot f\,l$,
f die Frequenz, l die Kabellänge in Fuß,
GMR der geometrische mittlere Halbmesser und
d der Abstand der Leiter.

Der geometrische mittlere Halbmesser GMR ist eine Rechnungshilfsgröße, die sich aus der bekannten Gleichung für den Fluß eines Leiters außerhalb seines Halbmessers r von $2\,I \log\frac{r+d}{r}$ (d Abstand des Rückleiters) ableiten läßt, wenn man, um auch den inneren Fluß im Leiter zu erfassen, r ersetzt durch eine hinreichend kleinere Größe, so daß die Gleichung für den Fluß übergeht in $2\,I \log d/GMR$. *H. Schz.*

DK 621.316.15.016.3

Beherrschung des Leistungsflusses in einem Maschennetz von 300 Meilen Länge. [Nach W. J. Lyman u. J. T. Mercereau, Electr. J. 35 (1938) S. 375; 3½ S., 4 Abb.]

An der 66 kV-Kuppelstelle Valley-Ellwood City (50 Meilen nordwestlich Pittsburgh) zwischen den parallel gefahrenen 66/132 kV-Maschennetzen der Duquesne Light Company und der Pennsylvania Power Company (V. S. Amerika) lagen die Spannungen bei geöffneter Kuppelstelle 5 bis 20 Grad auseinander. Zusammenschaltung an dieser Stelle hatte eine Ausgleichsleistung von 700 kW je Grad Winkelabweichung, insgesamt also bis zu 14 000 kW und damit eine entsprechende Überlastung der Leitungen und Umspanner zur Folge. Ein geordneter Leistungsaustausch zwischen den sechs an die beiden Netze angeschlossenen Gesellschaften war bei Schließung der Kuppelstelle Valley—Ellwood City nicht mehr möglich; früher konnten deshalb die Netze an dieser Stelle nur abschnittsweise zusammengeschaltet werden.

Zur Aufnahme eines dauernden Verbundbetriebes auch über diese Stelle wurde zu dem bekannten und bewährten Mittel eines Längs- und Querumspanners[1]) gegriffen, der gestattet, den Leistungsfluß an der Kuppelstelle in beiden Richtungen in beliebiger Höhe zu beherrschen. Der zur Aufstellung gelangte 20/40 000 kVA-Regelumspanner ist eine der größten Einheiten, die für diese Zwecke gebaut wurden. Er besteht aus einem in die 66 kV-Kuppelleitung eingeschalteten Reihenumspanner und dem dazugehörigen Erreger- und Regelumspanner. Zur Erzielung großer Regelbereiche und Durchgangsleistungen mit einem Mindestaufwand an Baustoffen ist die 66 kV-Wicklung des Reihenumspanners in zwei Hälften unterteilt, die sich im unbelasteten Zustande von außen in Reihe und parallel schalten lassen. Reihenschaltung ergibt eine Durchgangsleistung von 20 000 kVA mit Regelbereichen bis zu 32% Längsspannung und 28 Grad Winkeldrehung (67,5% Querspannung), Parallelschaltung 40 000 kVA, 16% Längsspannung und 15 Grad Winkeldrehung (33,75% Querspannung); bei einer Stromstärke von 178/356 A beträgt die Leistung des Regelumspanners 13 600 kVA. Lastschalter gestatten, die Längsspannung in Stufen von 2% zu regeln und den Phasenwinkel um 2 Grad je Stufe zu drehen. Bei Vollast wird der Umspanner durch besondere Lüfter gekühlt; seine Leistung ohne Lüfter beträgt ¾ der Anblasleistung. Mit Rücksicht auf den Transport und Zusammenbau des Regelumspanners an Ort und Stelle — sein Gesamtgewicht beträgt 166 t — durften seine Einzelteile nicht über 40 t wiegen. Der achteckige Umspannerkessel wurde deshalb dreiteilig geliefert; die drei Einzelkessel, zwei untere und ein oberer, wurden, mit Stickstoff gefüllt, einzeln zum Aufstellungsort gebracht und dort zusammengebaut. *H. Schz.*

[1]) Vgl. a. G. Boll, BBC-Nachr. 17 (1930) S. 304; Willy Schmidt, Siemens-Z. 12 (1932) S. 132; E. Groß, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 49 (1931) S. 513; Oburger, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 52 (1934) S. 297; W. Schäfer, VDE-Fachber. 7 (1935) S. 18 u. S. 20; ETZ 56 (1935) S. 790; E. Schulze, Elektrizitätswirtsch. 36 (1937) S. 446; Lyman, Electr. Engng. 57 (1938) S. 579.

DK 621.311.12.019.1

Energieübertragung auf große Entfernungen mit Halbwellenfrequenz. [Nach A. Leonhard, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 42 (1938) S. 542; 6 S., 12 Abb.]

Da sich bei der Energieübertragung mit Drehstrom über lange Leitungen Schwierigkeiten ergeben, wird die Verwendung von Gleichstrom für die Energiezufuhr aus weiter Entfernung schon seit längerer Zeit in Erwägung gezogen. Bei der Verwendung von Gleichstrom tritt aber das vorläufig noch nicht gelöste Problem der Umformung von Drehstrom auf Gleichstrom und umgekehrt bei den für die Übertragung erforderlichen hohen Spannungen auf. Es wird daher die schon früher von anderer Seite angegebene Möglichkeit einer Übertragung mit der Halbwellenleitung bzw. mit der Halbwellenfrequenz erörtert. Die Frequenz von 50 Hz wird in eine höhere umgeformt, so daß die gegebene Leitungslänge der halben Wellenlänge bei der neuen Frequenz entspricht. Das Umformungsproblem kann hier praktisch als gelöst bezeichnet werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, eine Umformung zu sparen, da die Halbwellenfrequenz, die z. B. bei 1000 km 150 Hz beträgt, direkt in Maschinen erzeugt werden kann. Die Verhältnisse bei einer solchen Übertragung werden nach der praktischen Seite hin bezüglich Spannung, Wirkungsgrad und Stabilität untersucht. Die Spannungsverhältnisse sind bis zur natürlichen Leistung der Leitung sehr günstig. Die Spannungswerte am Anfang und Ende der Leitung sind immer die gleichen. Bei Belastung mit natürlicher Last bleibt die Spannung auch längs der Leitung konstant, bei geringerer Leistung tritt dort eine Spannungsverringerung und erst bei höherer Last eine Spannungserhöhung auf. Der Verlauf der Wirkungsgradkurve ist etwas ungünstiger als bei Gleichstrom, weil auch bei Leerlauf der Leitung noch Strom fließt, und die Verluste deshalb nicht verschwinden. Sie gehen nur auf den halben Wert der Verluste, die bei der natürlichen Leistung auftreten, zurück. Die Stabilität von Synchronmaschinen, die über eine Halbwellenleitung arbeiten, ist gewahrt. Die Maschinen verhalten sich so, wie wenn die Leitung nicht da wäre bzw. wie wenn ihre ohmschen Ständerwiderstände erhöht wären. Durch den erhöhten Widerstand entsteht allerdings die Gefahr, daß auftretende Schwingungen ungedämpft bzw. negativ gedämpft verlaufen. Aus diesem Grunde kann es zweckmäßig sein, nicht genau mit der Halbwellenfrequenz, sondern mit einer etwas höheren zu arbeiten. Versuche mit einer Maschine, die über eine künstliche Leitung auf ein starres Netz arbeitet, bestätigen die rechnerischen Ergebnisse. *eb.*

Elektromaschinenbau.

DK 621.314.224.014.33 : 621.318.24

Stromstoßtransformatoren zu Magnetisierungszwecken. [Nach W. Redepenning, AEG-Mitt. (1938) S. 553; 4 S., 6 Abb.]

Die Verwendung von Dauermagneten als Bauteil gewinnt immer mehr an Bedeutung. Dazu sind durch die Entwicklung hochwertiger Stähle dem Dauermagneten viele neue Anwendungsgebiete erschlossen worden. Die üblichen Magnetisierungsverfahren beruhen meistens auf der Verwendung eines Elektromagneten in irgendeiner dem Zweck angepaßten Form, lassen sich aber bei vielen Magnettypen nicht so durchbilden, daß die in der Fertigung erwünschte Wirtschaftlichkeit und Sicherheit bei der Magnetisierung erzielt wird. Um diese Lücke in der Magnetfabrikation auszufüllen, wurde der an sich schon lange bekannte Stromstoßtransformator[1]) weiterentwickelt und zu einem betriebsmäßigen Gerät ausgebaut. Ein in sich geschlossener Eisenkern wird mit einer Primärwicklung versehen, die, mit Gleichstrom beschickt, den Kern bis zur Sättigung magnetisiert. Eine zweite Wicklung aus nur einer Windung großen Querschnittes umfaßt den magnetischen Fluß Φ vollkommen. Bei plötzlicher Änderung des Primärstromes um einen möglichst großen Betrag in einer möglichst kurzen Zeit, ändert sich der magnetische Fluß im Kern und induziert in den Wicklungen eine Spannung

$$e = -w\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} \quad (w \text{ gleich Windungszahl}).$$

In dem geschlossenen Sekundärkreise fließt dann ein hoher Stromstoß kurzer Dauer, den man zur Magnetisierung ausnutzt. Der Stromstoß ist um so größer und damit die Wirtschaftlichkeit des Gerätes um so besser, je schneller die Änderung des magnetischen Flusses Φ mit der Zeit erfolgt. Durch diese Er-

[1]) E. Schulze, ETZ 49 (1928) S. 969 u. 993.

kenntnis wird man dazu geführt, zur Erzielung des Stromstoßes den Primärstrom ein- oder auszuschalten.

Wenn man wie üblich die Zeitkonstante mit $T = \frac{L}{R}$ bezeichnet, regelt sich der Ein- und Ausschaltvorgang durch den Ausdruck

$$e^{-\frac{R}{L}t}.$$

Aus seiner Diskussion ergibt sich, daß der Einschaltvorgang relativ langsam verläuft, wenn man nicht zu wenigen Primärwindungen und damit zur Erreichung der notwendigen primären Amperewindungszahl zu sehr hohen Betriebsströmen kommen will. Da dieses aber der Forderung nach Wirtschaftlichkeit widerspricht, ist es zweckmäßiger, nach einem passenden Schalter zu suchen, der eine Unterbrechung des Primärkreises in einer technisch kürzestmöglichen Zeit zuläßt. Von der Abschaltzeit wird dann der Nutzeffekt des Gerätes abhängen, wobei von Streuverlusten, die naturgemäß mit wachsendem Primärstrom zunehmen, abgesehen werden soll. Die zu magnetisierenden Magnete müssen irgendwie auf der sekundären Stromschiene angeordnet werden, bilden damit für den Sekundärkreis eine zusätzliche induktive Belastung und setzen die Größe der Stromspitze herab. Um für einen vorliegenden Fall eine noch genügend hohe Stromspitze zu bekommen, wird man somit den Querschnitt des Eisenkernes im Stromstoßtransformator genügend groß bemessen müssen.

K 61206

Abb. 2. Innerer Aufbau des Stoßtransformators.

K 61207

Abb. 3. Vollständiger Aufbau des Stoßtransformators.

Die Abb. 2 und 3 zeigen verschiedene Ausführungsformen des Gerätes. Die Sekundärwindung ist zunächst offen und an zwei Polschuhe herausgeführt, an die die eigentlichen Kurzschlußschienen, die zur Magnetisierung dienen, angeschlossen werden. Die Form ist dem jeweiligen Magnettyp anzupassen. Auf diese Weise erhält man ein denkbar vielseitiges Gerät und kann nun mit einem Stoßtransformator praktisch alle vorkommenden Magnetformen bearbeiten. Nach Einschaltung des Gerätes wird es je nach seiner Größe und der Betriebsspannung eine Zeit von ein bis zwei Sekunden dauern, ehe der Primärstrom zu dem Wert angewachsen ist, der zur Erzielung der Sekundärspitze unbedingt erreicht werden muß. Man wird somit, um Fehler zu vermeiden, entweder einen Strommesser zu beobachten haben oder ein Relais verwenden, das als stromunabhängiges Zeitrelais oder aber als zeitunabhängiges Überstromrelais die Abschaltung selbsttätig und erst dann vornimmt, wenn der Primärstrom seinen Sollwert erreicht hat. Bei der Massenfertigung hat man auf diese Weise noch den großen Vorteil, daß die Magnetisierungsdauer so klein wie nur irgend möglich ist. *V. B.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.35.018.6 : 621.313–212

Experimentelle Verfahren zum Aufschreiben der mechanischen Schwingungen und ihre Anwendung zur Bestimmung der Eigenschwingungen der Unterteile von elektrischen Maschinen. [Nach V. I. Micheev, Vestn. Elektr.-Promischl. 10 (1938) S. 11; 4½ S., 11 Abb.]

Die Eigenschwingungen elektrischer Maschinen können im Falle einer Resonanz mit irgend einer erzwungenen Schwingung störende Erscheinungen, z. B. starkes Geräusch, unruhigen Lauf, selbst auch Zerstörung einzelner Teile hervorrufen. In dergleichen Fällen kann durch experimentelle Bestimmung der Eigenschwingungen verschiedener Unterteile geholfen werden. Dazu können folgende Verfahren gebraucht werden. Man legt den zu untersuchenden Teil auf einen schwingungsfreien Boden (Gummiteppich) und versetzt ihn in Schwingungen durch einen Hammerschlag. Die erzeugten Schwingungen werden mittels Oszillographen oder Schwingungsanalysators aufgeschrieben. Bei einem anderen Verfahren wird der zu untersuchende Teil oder die ganze Maschine in gezwungene Schwingungen veränderlicher Frequenz versetzt. Die Eigenschwingungen werden durch Auftreten von Resonanz leicht erkennbar. Die veränderlichen Schwingungen lassen sich durch die Wirkung eines Magneten (gespeist mit Wechselstrom veränderlicher Frequenz) oder durch Drehen der Maschine mit regelbarer Drehzahl erzeugen. Die Frequenz errechnet man aus der Frequenz des speisenden Stromes bzw. Drehzahl und der Nutenzahl der Maschine. Verfasser hat hauptsächlich das erste Verfahren (Schlagverfahren) benutzt. Folgende Teile einer Gleichstrommaschine wurden untersucht: Vorder- und Hinterschild, Joch und Lüfter. Bei jedem Unterteil sind mehrere Eigenschwingungen festgestellt, von denen jedoch nur etwa 5 bis 7 stark ausgeprägt sind. *Sky.*

Lichttechnik.

DK 621.326+621.327.3/.4

Entwicklung von Ultraviolett-Mischstrahlern. [Nach A. Rüttenauer, Licht 8 (1938) S. 251; 3 S., 6 Abb.]

Unter einem Ultraviolett-Mischstrahler versteht man eine Strahlungsquelle mit Ultraviolett, Licht und Ultrarot, bei der die sichtbaren und ultraroten Strahlen in einer solchen Menge vorhanden sind, daß alle Strahlenarten bei Bestrahlung gleichzeitig biologisch oder photochemisch wirken können. Bei der Herstellung eines solchen Strahlers kommt es technisch darauf hinaus, mehrere Strahlungsquellen zusammenzustellen, die Strahlung der UV-Strahlungsquelle in ihrer Wellenlänge so zu begrenzen, daß auch die langwellige sichtbare und ultrarote Strahlung zur Wirkung gelangen kann. Biologisch wird dadurch eine ähnliche Wirkung erreicht, wie wir sie von der Sonne her kennen. Bei der Entwicklung von Ultraviolett-Mischstrahlern ging man von der Hg-Niederdruckentladung und dem Niederspannungsbogen aus, da diese Entladungsform am leichtesten mit einer Wolframwendel in Verbindung zu bringen war. Dann erhöhte man den Hg-Dampfdruck, hielt aber noch am Niederspannungsbogen fest. Die Entwicklung der Hg-Hochdruckentladung zur Beleuchtungslampe führte zum Hochspannungsbogen, so daß sich der Anschluß des UV-Mischstrahlers an 220 V ermöglichte. Die Erhöhung des Hg-Dampfdruckes auf 3 at führte zu einem technisch einfachen Aufbau, wie er in dem Ultra-Vitaluxstrahler benutzt wurde. Bei diesem Strahler ist trotz der sehr geringen Leistungsaufnahme von 300 W schon eine recht gute Sonnenähnlichkeit erzielt worden. *eb.*

DK 621.327.3/.4.086.7 : 621.317.7.017

Stromkreise für Gasentladungslampen. [Nach G. W. Carter, Electr. Rev. 122 (1938) S. 535; 2½ S., 4 Abb.]

G. W. Carter bespricht den Einfluß der elektrischen Instrumente (Spannungs- und Leistungsmesser) in Stromkreisen mit Quecksilberhochdruck- und Natriumdampflampen. Neben allgemeinen Hinweisen für die Auswahl der Instrumente werden

die Bestimmung der Lampenleistung und der Verlustleistung der Zusatzgeräte (Drosselspulen bzw. Streufeldtransformatoren) und die hierbei zu berücksichtigenden Instrumentenkorrekturen beschrieben. Bei der Messung der Lampenleistung soll nach Ansicht des Verfassers mit Rücksicht auf die Wirkungsweise der Lampe von einer Korrektur abgesehen werden. [Bem. d. Ber.: Die vom Verfasser angegebenen zulässigen Widerstände für die Spannungs- bzw. Leistungsmessung an der Lampe, z. B. 20 Ω je Volt für HgH-Lampen, verursachen nach den Erfahrungen des Ber. schon eine erhebliche Änderung der elektrischen und lichttechnischen Daten. Die Nichtberücksichtigung der Stromkorrektur ist bei so kleinen Widerständen nicht zulässig. Ferner ist die Vernachlässigung der Leistungskorrektur nur für größere Instrumentenwiderstände gültig.]

Anschließend wird erörtert, wieweit durch verschiedenen Aufbau der Zusatzgeräte, durch Streuung in der Herstellung, durch Abweichung der Netzspannung von der Nennspannung der Anzapfung am Zusatzgerät und durch zeitweise Schwankung der Netzspannung Änderungen in der Lampenleistung und in der Verlustleistung der Zusatzgeräte auftreten können. Auf Grund der angegebenen prozentualen Änderungen wird eine Häufigkeitskurve aufgestellt und der Schluß gezogen, daß beim Auftreten der vorher genannten Einflüsse und bei zeitweiser Schwankung der Netzspannung um ± 6% sowohl für HgH- als auch für Na-Lampen die Gesamtänderung der Lampenleistung ± 19% betragen kann. *Ru.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.395.664.08

Studien und Messungen unbegrenzter Wartezeiten mit Hilfe einer Speicherkunstschaltung. [Nach A. A. Keinonen, Techn. Mitt. Fernmeldewerk Siemens & Halske (1938) S. 1; 15 S., 21 Abb.]

Ausgehend von den Eigenarten des Fernsprechverkehrs stellt sich der Verf. die Aufgabe, brauchbare Unterlagen zu schaffen, mit deren Hilfe man bei Planungs- oder Entwicklungsaufgaben oder für Vergleiche mit Anlagen, die mit Verlusten arbeiten, die Anzahl der Verbindungswege (Wähler, Leitungen usw.) einer Anlage in bezug auf die Wartezeiten bestimmen kann. Er untersucht dazu zunächst eingehend die Grundlagen des Warteverkehrs. Die Wartezeit ist nicht auf die ganze Gesprächszahl, sondern auf die Zahl der wirklich wartenden Verbindungen zu beziehen, weil der größte Teil der Teilnehmer seine Verbindungsmittel sofort erhält; die vom System bedingte oder vom Teilnehmer abhängige Aufbauzeit der Verbindungen muß dabei außer Betracht bleiben. Die Wartestelle wird als „Wartefeld" bezeichnet; das „Sprechfeld" wird über die zur Verfügung stehenden Verbindungsmittel erreicht. Die bisherigen Wartezeittheorien waren unzulänglich, weil sie wegen der Schwierigkeit von Messungen im Betrieb ohne ausreichende Meßunterlagen aufgestellt werden mußten. Der Verf. beschreibt ein Gerät für Wartezeitmessungen, das einwandfreie Ergebnisse ohne Störung des Betriebes liefert. Es besteht aus einem Bündelspeicher (Sprechfeld) und einem Wartespeicher (Wartefeld). Belegungen in der Meßgruppe werden, so wie sie anfallen, auf das Meßgerät übertragen; ihre Dauer dagegen wird, weil der Aufwand sonst zu hoch werden würde, künstlich durch ein jeder Bündelspeicherleitung zugeordnetes Thermorelais hergestellt, das nach der eingestellten Zeit den Speicher auslöst. Durch entsprechende Einstellung der Thermorelais kann der Einfluß langer und kurzer Gesprächsdauern untersucht werden. Etwa wartende Belegungen werden bei Freiwerden einer Bündelspeicherleitung sogleich aus dem Wartefeld in das Sprechfeld geschaltet. Es wurden Bündel von 2 bis 5 Leitungen gemessen. Die Meßergebnisse werden als Schaulinien gezeigt und eingehend erläutert. Die Meßpunkte für die Gefahrzeit g streuen verhältnismäßig wenig. Ist $g = 0$, so entsteht keine Wartezeit ($T = 0$). Bei zunehmender Belastung nimmt T schnell zu. $T_{max} = \frac{(c_w + 1)}{2} \cdot 60$ in min, worin c_w die Zahl der verzögerten Belegungen bedeutet. Die Steilheit der Schaulinien für die mittlere Wartezeit t_w hängt davon ab, ob c_w oder die Gesamtwartezeit T am schnellsten zunimmt. Die Schaulinien für g und t_w in Abhängigkeit von der Leistung je Leitung zeigen, daß die Ausnutzung der großen Bündel beim Warteverkehr für gleiche Betriebsgüte erheblich günstiger als diejenige der kleinen Bündel ist. Die Wartezeiten sind der mittleren Gesprächslänge verhältnisgleich. Man braucht deshalb für jede Bündelgröße nur eine Schaulinie aufzunehmen und kann daraus den Faktor ableiten, mit dem die jeweilige Belegungsdauer zur Ermittlung der voraussichtlichen mittleren Wartezeit bei einer gegebenen Belastung vervielfältigt werden muß. Die Verteilung der Wartezeiten im Wähldienst folgt wie im Handdienst dem e^{-u}-Gesetz. *Rlg.*

DK 534.321.7 : 621.396.97.089.6

Aussendung von Normalfrequenzen durch den Deutschlandsender. [Nach A. Scheibe u. U. Adelsberger, Phys. Z. 40 (1939) S. 216; ¼ S.]

Um Laboratorien und Fabriken eine einfache Möglichkeit zur Nachprüfung von Frequenznormalen bzw. eine Hilfe für wissenschaftliche Untersuchungen zu geben, werden vom Deutschlandsender seit 1. 2. 1939 werktäglich von 11^{00} bis 11^{08} 1000 Hz und von 11^{08} bis 11^{13} 440 Hz als Normalfrequenz gesendet. Die Frequenzen werden in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt mittels einer Quarzuhr erzeugt; Genauigkeit: 1 bis $2 \cdot 10^{-8}$ des Nennwertes. *nkl.*

DK 621.395.613.32.001.11

Eine neue Theorie der Wirkungsweise des Fernsprechmikrophons. [Nach D. McMillan, Post Off. electr. Engrs. J. 31 (1938) S. 167; 16 S., 15 Abb.]

Die verschiedenen Theorien des Kohlemikrophons werden besprochen. Mit den bestehenden Theorien können die beim Kohlemikrophon beobachteten Erscheinungen (wie Verzerrung der Frequenzkurve, Amplitudenverzerrung usw.) nicht erklärt werden. Es wird eine neue Theorie aufgestellt. Auf Grund der Berechnung des statischen Druckes im Kohlepulver wird gefolgert, daß oberhalb eines bestimmten Schalldruckes die Membran und die Kohlekörner sich voneinander abheben. Der Stromdurchgang im Kohlemikrophon wird in diesem Fall durch eine Elektronenemission zwischen den Oberflächen der Kohlekörner erklärt. Ferner wird für die Steife und die Masse ein kritischer Wert des Schalldruckes ermittelt, bei dem sich der Verlauf der Steife und der Masse in Abhängigkeit vom Schalldruck ändert. *rn.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 621.318.42.042.14 + 621.319.4.062.12

Ein ruhender Stromkreis mit konstantem Strom. [Nach C. M. Summers, Electr. Engng. 57 (1938) Trans. Sect. S. 636; 4 S., 13 Abb.]

C. M. Summers beschreibt einen Stromkreis, der aus einer Parallelschaltung von Eisendrossel und Kondensator besteht und mit dem Stromverbraucher, dessen Stromwert geregelt werden soll, in Reihe geschaltet wird. Die Anordnung bezweckt die Konstanthaltung der Stromstärke trotz Schwankungen der Speisespannung innerhalb gewisser Grenzen und in Unabhängigkeit von der Belastungsimpedanz. Die theoretischen Grundlagen der Schaltung werden für verlustlose und verlustbehaftete Bauteile mit den entsprechenden Kennlinien erläutert. Der Aufbau des Eisenkernes erfolgt zweckmäßig aus doppelfenstrigen Eisenblechen mit Luftschlitzen im inneren Schenkel, wobei die Sättigung ziemlich hoch getrieben werden kann. Infolge der Verluste ist die tatsächliche Ortskurve des Stromvektors kein Kreis, sondern bewegt sich innerhalb zweier verhältnismäßig dicht beieinander liegender mittiger Kreise. Vektordiagramme verschiedener Schaltungsbeispiele mit einem Konstantstromkreis und Schaulinien der Werte für die Ströme vor und hinter der Schaltanordnung, dem Wirkungsgrad, Leistungsfaktor und Leistungsaufnahmeverlauf eines Konstantstrom-Transformators für 120 V, 60 Hz, 25 W mit Parallelkondensator erläutern die Arbeitsweise. Der Wirkungsgrad liegt zwischen 50 und 90% und fällt mit ansteigender Leitungsspannung. Die Frequenzempfindlichkeit ist ziemlich hoch; doch ist die in großen Stromversorgungsnetzen vorhandene Frequenzkonstanz gut ausreichend. Eine besondere Phasenverdrehung oder Veränderung der Wellenform tritt im allgemeinen durch den Konstantstromkreis nicht nennenswert in Erscheinung, und auch Spannungsstöße innerhalb ziemlich weiter Grenzen werden gut aufgenommen und ausgeglichen, wie die gezeigten Oszillogramme erkennen lassen. Im Anhang werden die grundsätzlichen Gleichungen für die Bestimmung der Strom-, Spannungs- und Kapazitätswerte angegeben. Anwendungsmöglichkeiten der Anordnung ergeben sich zunächst für in Reihe geschaltete Lichtkreise, für Heizkreise von Elektronenröhren u. a. m. *Tsch*

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH.

Über die Wirtschaftlichkeit der elektrischen Raumheizung*).

Von **Walter von Sauer VDE**, Berlin.

DK 621.365.45 : 644.1.003.1

Für eine bestimmte Gruppe von Fällen ist es ohne weiteres möglich, die Berechtigung der elektrischen Raumheizung sofort zu bejahen, und zwar dann, wenn eine andere Energieform nicht vorhanden ist oder verwendet werden kann. Wenn z. B. die Aufgabe gestellt wird, das auf dem Dach eines Gebäudes untergebrachte und nur über Leitern zugängliche Häuschen für die Fahrstuhlmotoren zu heizen, so ist eine andere Heizung als die elektrische technisch kaum denkbar und daher die Frage der Wirtschaftlichkeit sinnlos. Es sollen aus dem Gebiet der elektrischen Raumheizung nur jene Fälle herausgegriffen werden, in denen eine Wahl der zur Heizung benötigten Energieform möglich ist.

Die elektrische Heizung in der Übergangszeit.

In sehr vielen Haushaltungen finden wir seit vielen Jahren kleine Strahlöfen oder sonstige Heizkörper mit einer Leistung von etwa 500 bis 1000 W. Sie dienen entweder im Frühjahr oder im Herbst zur ausschließlichen Heizung des Raumes oder auch im Winter gelegentlich zur zusätzlichen Erwärmung. Diese Geräte werden fast ausnahmslos an das Lichtstromnetz angeschlossen und zu Lichtstrompreisen betrieben, die zur Zeit noch von 5 bis 40 Rpf/kWh schwanken, in jedem Fall aber ein Vielfaches des Preises jener Kohlenmenge betragen, aus der sich 860 WE gewinnen lassen. Eine so weitgehende Verbreitung dieser Geräte wäre schlechterdings nicht denkbar, wenn ihr Betrieb zu diesen Strompreisen nicht wirtschaftlich wäre, und man sieht aus diesem Beispiel, daß es doch ganz andere Faktoren sein müssen als nur das Verhältnis von aus Kohle und aus Strom gewonnenen Wärmeeinheiten, welche die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes in vielen Fällen eindeutig begründen können.

Es ist allgemein bekannt, daß es in der sogenannten Übergangszeit, z. B. im September oder im April, äußerst lästig ist, die noch bzw. bereits stillgelegte Feuerungsanlage nur wegen einiger kühler Abendstunden in Betrieb zu setzen, und daß von dieser Unbequemlichkeit ganz abgesehen eine solche Inbetriebsetzung der Kohlenfeuerung unvermeidlicherweise Übertemperaturen in den zu heizenden Räumen zur Folge hat, die ebenso lästig sind wie die Untertemperaturen, die man zu beseitigen wünscht. Zwei Faktoren sind hierbei für die Frage der Wirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes von ausschlaggebender Bedeutung: „Annehmlichkeit" oder allgemeiner „Wertschätzung" genannt und „Vergeudung von Wärmeeinheiten".

Abb. 1 zeigt die Arbeitsweise der elektrischen Raumheizung in der Übergangszeit. Es handelt sich hier um eine mittels elektrischen Durchlauferhitzers, also ohne Speicherung, betriebene Zentralheizungsanlage, durch welche die Raumtemperatur selbsttätig auf 22 ° gehalten werden sollte. An dem Versuchstage, einem 26. April, war die Außentemperatur recht starken Schwankungen unterworfen. Sie betrug gegen 16^{00} über 14 ° C, um kurz vor 22^{00} auf unter 7 ° C zu sinken. Die Abszisse der schraffierten Flächen gibt die Einschaltzeiten des Durchlauferhitzers und die Höhe dieser Flächen seinen Anschlußwert von 15 kW wieder. Die Summe der einzelnen Flächenstücke ist also die zur Heizung innerhalb der Zeit von 12^{30} bis 22^{10} aufgewendete Arbeit in kWh. Man ersieht, daß der Durchlauferhitzer, um die Temperatur von 22 ° völlig konstant zu halten, innerhalb der etwa elfstündigen Versuchszeit nicht weniger als zehnmal einschaltete, wovon allein in die Zeit von 15^{00} bis 17^{00} sechs Schaltungen fallen. Der gesamte Inhalt der schraffierten Flächen beträgt rd. 68 kWh, woraus sich eine durchschnittliche Heizleistung innerhalb der elf Stunden von 6¼ kW ergibt. Da das beheizte Gebäude 2400 m³ einschließt, entfällt auf jeden m³ eine Leistung von nur 3 W. Ein Einzelraum von 65 m³ Inhalt hätte somit mittels einer 200 W-Lampe geheizt werden können, wenn die Außentemperatur über die elfstündige Versuchszeit den Mittelwert von etwa 12 ° konstant eingehalten hätte. In der Tat fällt in diesem Diagramm auf, daß der Durchlauferhitzer in der Zeit von 20^{00} bis 22^{00} nicht eingeschaltet war, obwohl gerade in diesen zwei Stunden die Außentemperatur ihrem tiefsten Wert zustrebte. Die Erklärung dafür liegt darin, daß in dem Raum, in welchem sich der Regler befand, zu dieser Zeit ein Rundfunkgerät mit einem Anschlußwert von 240 W und eine Glühlampe von 150 W in Betrieb waren, und diese beiden Geräte haben nicht nur ausgereicht, den Wärmebedarf zu decken, sondern man sieht aus der Raumtemperaturkurve, daß sie sogar eine kleine Übertemperatur erzeugt haben. Unmittelbar nach dem Ausschalten des Empfanggerätes um 22^{00} schaltet der Durchlauferhitzer wieder ein. Da der maximale Wärmebedarf des betreffenden Gebäudes bei einer Außentemperatur von — 15 ° rd. 37 kW beträgt, ist also an jenem Tage nur mit dem fünften Teil der Kesselleistung gefahren worden. Ein Feuerungskessel wäre nicht nur nicht in der Lage gewesen, sich dem wechselnden Wärmebedarf an diesem Versuchstage so elastisch anzupassen, sondern er hätte ein Vielfaches von d e m an Wärmeeinheiten erzeugt, was tatsächlich zur Aufrechterhaltung der gewünschten Raumtemperatur benötigt wurde. Eine durchschnittliche Leistung von 6¼ kWh $\approx$ 5400 WE/h entspricht dem stünd-

Abb. 1. Arbeitsweise einer selbsttätig gesteuerten elektrischen Zentralheizungsanlage in der Übergangszeit.

*) Nach einem Vortrag, gehalten im VDE-Bezirk Berlin (Fachgebiet Elektrowärme) am 8. 11. 1938.

lichen Verbrauch von 1 kg Koks. Ein Feuerungskessel, der für eine Leistung von 32 000 WE/h bemessen ist, braucht zur Aufrechterhaltung des Feuers eine gewisse Mindestmenge an Beschickung, die natürlich weit über 1 kg Koks/h liegt. Man sieht also aus diesem Beispiel, daß die elektrische Heizung in diesem Falle durchaus „wirtschaftlich" ist.

Die elektrische Heizung für Lager, Garagen und Läden.

Ein anderes Beispiel zeigt ebenfalls den wirtschaftlichen Einsatz der elektrischen Heizung. Wenn wir z. B. vor der Aufgabe stehen, in einem Lager chemischer Substanzen, z. B. Schießpulver, eine Temperatur von 2 bis 3 °C nicht unterschreiten zu lassen, um chemische Umwandlungen oder hygroskopische Erscheinungen zu vermeiden, so werden wir bei mitteleuropäischen Klimaverhältnissen bei Deckung des geforderten Wärmebedarfes dauernd um die Nullinie herumpendeln und eine Heizleistung nur gelegentlich zu nicht vorhersehbaren Zeitpunkten aufzubringen haben. Ganz ähnlich verhält es sich mit der Heizung von Garagen und ähnlichen Räumen, über die Breiting kürzlich eingehend berichtet hat[1]).

Für Garagen genügt es vollkommen, eine Innentemperatur von 5 ° einzuhalten, um gewisse Arbeiten in ihr ausführen zu können und den Wagen über Nacht auftrocknen zu lassen. Bei diesem Beispiel ist es aber nicht nur die geringe Zahl des Produktes zwischen einzuhaltender Innentemperatur einerseits und der Zahl der Heiztage anderseits (dieses Produkt wird Heizgradtage genannt), sondern weitere Umstände, welche die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes selbst bei Strompreisen von 5 Rpf eindeutig zu begründen vermögen: Die Wärme des hereingefahrenen Wagens reicht nämlich selbst bei Frosttagen viele Stunden aus, um eine Innentemperatur von + 5 ° nicht unterschreiten zu lassen, und eine elektrische Heizungsanlage wird daher, wenn sie in Abhängigkeit von einer einzuhaltenden Mindesttemperatur der Garage gesteuert wird, die Wärme des Wagens restlos ausnutzen. Anderseits kann die elektrische Heizungsanlage von Hand ausgeschaltet werden, wenn der Wagen aus der Garage ausgefahren wird, wohingegen man bei einer kohlengefeuerten Zentralheizungsanlage nicht etwa das Ventil des Heizkörpers abstellen darf, da dies unter Umständen mit einem Einfrieren des Heizkörpers verbunden wäre. Aus all diesen Gründen kann man bei Einzelboxen je Wagen mit einem Jahresbedarf von nur 600 kWh und bei Sammelhallen mit weniger als 300 kWh je Wagen rechnen; dieser Aufwand ist selbst bei einem Strompreis von 5 Rpf/kWh durchaus tragbar.

Sehr ähnlich liegen die Verhältnisse bei der elektrischen Heizung von Läden oder Verkaufsräumen, bei denen auch andere Energieformen zur Beheizung vorhanden wären. Die Raumtemperatur braucht nach den zur Zeit bestehenden Vorschriften in Lebensmittelgeschäften nur 11 ° betragen, und da anderseits die Abwärme der Beleuchtungskörper sowie die Zahl der sich in dem Raum aufhaltenden Personen mitunter beträchtlich ist, wird die noch verbleibende Temperaturdifferenz sehr gering und häufig Null, so daß man auch hier bei der Deckung des restlichen Wärmebedarfes dauernd um die Nullinie herumpendelt.

Bei den gebrachten Beispielen der Garagen- und Ladenheizung ist die geringe Gradtagzahl im wesentlichen durch die kleinere Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außentemperatur und weniger durch die Zahl der Heiztage bestimmt. Man kommt jedoch in vielen Fällen zu einer gleich geringen Heizgradtagzahl, in denen zwar diese Differenz größer, die Zahl der Heiztage hingegen entsprechend kleiner ist. Als Beispiel hierfür sei ein Wochenendhaus oder eine Gaststätte mit ausschließlichem Sonntagsbetrieb, ferner die Heizung von Kirchen genannt.

[1]) Breiting, Elektrizitätswirtsch. 37 (1938) S. 594.

Ist die Verwendung von Nachtstrom für die elektrische Heizung immer wirtschaftlich?

Soll die Deckung des täglichen Wärmebedarfes in die Nachtzeit verlegt werden, so ist ein technischer Mehraufwand erforderlich, dessen Amortisierung und Verzinsung oft mehr ausmacht als die Ersparnisse durch verbilligten Nachtstrom. Auch die Speicherverluste dürfen hierbei nicht außer Berücksichtigung bleiben. Will man nämlich zu einigermaßen erträglichen Speichergrößen kommen, so muß der Speicher auf Temperaturen von etwa 90 bis 100 ° aufgeladen werden. Bei solchen Temperaturen nehmen die Speicherverluste bereits Werte in der Größenordnung von 10 % an, wenn man nicht wiederum einen Mehraufwand für Wärmeisolierung treiben will, dessen Amortisierung und Verzinsung ihrerseits die Verluste an Ausstrahlung aufheben oder gar überschreiten. Genau so, wie es aber möglich ist, bei der Isolierung eines Speichers das wirtschaftliche Optimum zu finden, kann man ermitteln, bis zu welchem Grade der Nachtstrombezug wirtschaftlich zu rechtfertigen ist, d. h. wann der technische Mehraufwand für Aufspeicherung größer wird, als die Ersparnisse durch verbilligten Nachtstrombezug. Bei den ausgeführten Nachtspeicheranlagen ist von dieser Möglichkeit bisher kein Gebrauch gemacht worden. Sie alle wurden fast ausnahmslos so bemessen, daß der höchste Wärmebedarf des Gebäudes mit den nächtlich aufgeladenen Speichern gedeckt werden kann, wobei man naturgemäß zu sehr großen Speichern gelangt. Bedenkt man aber, daß der Fall des höchsten Wärmebedarfes nur etwa alle fünf Jahre und auch dann nur sehr kurzfristig vorkommt und daß in einem normalen Winter die Kältespitze nur etwa 80 % des höchsten Wärmebedarfes erreicht, wobei selbst diese Spitze nur wenige Tage der Heizzeit umfaßt, so ist die Bemessung solcher Speicheranlagen für den Fall des maximalen Wärmebedarfes wirtschaftlich nicht zu vertreten.

Abb. 2. Abhängigkeit der Nachtstromentnahme vom Speicherinhalt.

Abb. 2 zeigt das Ergebnis einer solchen Rechnung, über die an anderer Stelle ausführlich berichtet wird[2]). Aus dieser Kurve ist ersichtlich, daß zur ausschließlichen Deckung des maximalen Wärmebedarfes mittels Nachtstromes in dem betreffenden Gebäude während des Winters 1936/37 ein Speicher von 6,3 m³ Inhalt erforderlich war, daß aber der Nachtstromverbrauch bei einer Verkleinerung des Speichers auf die Hälfte sich nur um 5 % vermindert und daß er noch immer 80 % aufweist, wenn man den Speicher sogar auf 1,8 m³ verringert. Auf welchen Punkt der Kurve das wirtschaftliche Optimum fällt, hängt naturgemäß von dem Verhältnis von Tages- zu Nachtstrompreis ab. Aber selbst wenn dieses Verhältnis 3 : 1 wäre, so wird es doch häufig wirtschaftlicher sein, sich mit einem kleineren Speicher zu begnügen und ihn dafür während der Tagesstunden mit beispielsweise 5 oder 10 % des Gesamtbedarfes nachzuladen. Dieses Ergebnis ist nicht nur interessant für den Abnehmer, sondern auch für das Stromlieferwerk, weil dieses in der Regel nicht nur in der Nacht, sondern auch am Tage Belastungssenken aufzuweisen pflegt, während derer die Speicher zu einem verbilligten Strompreis nachgeladen werden können.

[2]) v. Sauer, Elektrizitätswirtsch. 38 (1939) S. 88.

Die Strahlungsheizung.

Die Verfechter der Strahlungsheizung sagen, daß das Wohlbehagen des Menschen nicht von der Lufttemperatur des Raumes, sondern von der Differenz der Strahlungstemperatur zwischen Körper und Umgebung abhängt. Wenn man also den Körper anstrahlt, so erlange man bei bedeutend geringerer Lufttemperatur, nämlich bei etwa 16 °, das gleiche Wärmeempfinden wie in einem Raum, dessen Luft durch Konvektionsheizung auf 20 ° erwärmt wurde. Infolgedessen seien 4 ° weniger Temperaturdifferenz bei entsprechend geringerem Stromverbrauch auszugleichen. Diese Theorie erscheint anfechtbar:

Würde nämlich die Strahlung auf die Oberfläche des *sich* bewegenden Körpers beschränkt werden können, was praktisch unmöglich ist, so würden die Wände allmählich auf 5 ° oder 0 ° auskühlen und den Körper in gleicher Weise mit Kälte anstrahlen. In Wirklichkeit trifft aber die Strahlungsheizung auch die Wände, und diese werden dann mehr erwärmt werden als bei der Konvektionsheizung. Nun ist aber für die Wärmeverluste eines beheizten Raumes nicht die Differenz zwischen Lufttemperatur des beheizten Raumes und der Außentemperatur maßgebend, sondern vielmehr die Differenz zwischen Innenhauttemperatur der Außenwand und Außentemperatur, und diese Differenz kann bei der Strahlungsheizung eher größer als kleiner sein. Es kommt hinzu, daß die selbsttätige Regelung der Strahlungsheizung ein noch durchaus ungelöstes Problem ist und wohl auch so lange ungelöst bleiben wird, als es einen Regler nicht gibt, der auf das Wohlbehagen des Menschen selbsttätig anspricht. Darüber hinaus wird über die Strahlungsheizung vielfach geklagt, daß sie gegen Windeinfälle und Zugerscheinungen nicht schützt. Diesen Nachteilen stehen keine Vorteile dieser Heizungsart gegenüber, welche die architektonischen Schwierigkeiten und die nicht unbeträchtlichen Anlagekosten wirtschaftlich rechtfertigen könnten.

Aussetzender oder durchgehender Heizbetrieb?

Ein anderes Verfahren, mit dem man — nach Ansicht des Verfassers gleichfalls irrtümlicherweise — die Wirtschaftlichkeit der elektrischen Raumheizung durch Ersparnis an Wärmeeinheiten begründen will, besteht darin, die Heizung auf die Benutzungsstunden der betreffenden Räume zu beschränken. Verfasser hat selbst einen ganzen Winter in dieser Weise geheizt, indem er in jedem einzelnen Raum einen Heizkörper von 5 bis 12 kW installiert und ihn genau wie den Beleuchtungskörper bediente, ihn also bei Betreten des Raumes einschaltete und bei Verlassen des Raumes ausschaltete, wobei der Heizkörper während der Benutzung des Raumes thermostatisch geregelt wurde. Der gesamte Stromaufwand belief sich nur auf 57 % dessen, was bei dauernder Aufrechterhaltung der Raumtemperatur von 20 ° über 24 h des Tages erforderlich ist. Zu Beginn dieses Versuches, also etwa im Oktober, ging das Aufheizen eines soeben betretenen Raumes noch verhältnismäßig schnell vonstatten; es war in etwa 2 bis 3 min beendet. Am Ende der Versuchszeit, also etwa im März, wurden jedoch schon 12 bis 14 min benötigt, um eine Raumtemperatur von 20 ° zu erhalten. Die Ursache liegt darin, daß bei dieser Betriebsart die Außenwände des Gebäudes im Lauf eines Winters immer mehr auskühlen, so daß die Summe von Leistung der Heizkörper und Leistung dieser „Kühlanlage" immer kleiner wurde. Um am Ende der Versuchsperiode innerhalb von 2 bis 3 min nach Betreten des Raumes auf die gewünschte Endtemperatur zu gelangen, hätte man also einen Heizkörper der 5fachen Leistung benötigt und wäre selbst dann nicht froh geworden, weil ein Heizkörper solcher Leistung einen äußerst lästigen Luftzug erzeugt und der strahlende Einfluß des kalten Mauerwerkes dennoch fühlbar geblieben wäre.

Gleichwohl ist mit diesem Versuch noch nicht bewiesen, daß die Aufrechterhaltung der vollen Raumtemperatur über 24 h des Tages unter allen Umständen die richtige Betriebsweise wäre. Für ein Gebäude mit großen Mauerstärken, mit welchen der vorhin geschilderte Versuch durchgeführt wurde, ist sie zweifellos richtig. Wenn es sich aber um ein Holzhaus handelt, dessen Bauteile nur ein sehr geringes Wärmespeichervermögen aufweisen, so wird es sicher richtig sein, die Heizung nur während der wirklichen Benutzungsstunden des Raumes einzuschalten. Desgleichen wird es für einen Wohnbau geringer Wandstärke Ersparnisse an Wärmeeinheiten bringen, die Heizung während der Nachtzeit zu unterbrechen, da in diesen Fällen die zum Wiederaufheizen erforderliche Wärmemenge bedeutend geringer ist als bei Vorliegen eines besonders starken Mauerwerkes. In jedem Falle ist aber zu bedenken, daß jede Unterbrechung des Heizbetriebes die Bereitstellung einer Wiederanheizleistung bedingt und daher den Anschlußwert einer Anlage verdoppelt bis vervierfacht. Die Benutzungsstundendauer der bereitzustellenden Leistung wird deswegen stark sinken, was nicht ohne rückwirkenden Einfluß auf die Gestaltung des Strompreises bleiben kann.

Einfluß der selbsttätigen Temperaturregelung auf die Wirtschaftlichkeit.

Wenn der Betrieb der elektrischen Heizanlagen wirtschaftlich sein soll, so muß er selbsttätig erfolgen, denn jede Überheizung bzw. Abkühlung erhöht die Betriebskosten.

Wenn es sich um eine Heizungsanlage von geringer Trägheit handelt, wie z. B. um einen offenen Widerstandsofen, der unmittelbar nach dem Einschalten Wärme abgibt und beim Abschalten augenblicklich abkühlt, so werden an die Empfindlichkeit der Regler bzw. an ihre Toleranz zwischen Ein- und Ausschaltpunkt keine höheren Anforderungen zu stellen sein, als der Mensch Temperaturunterschiede überhaupt zu empfinden vermag; eine Toleranz bis zu 1 ° erscheint tragbar. Verschiedene Regler halten diese Bedingung nicht nur ein, sondern sie weisen dabei gleichzeitig die beträchtliche Schaltleistung von 1500 bis 3000 W auf. Wenn es sich aber um Anlagen oder Heizkörper handelt, die eine größere Trägheit haben, wie z. B. eine mittels elektrischen Durchlauferhitzers gespeiste Zentralheizung oder auch ein einzelner Warmwasserradiator mit elektrischer Heizpatrone und erheblichem Wasserinhalt, so ist eine Toleranz des Regelorgans von mehr als $^2/_{10}$ ° nicht zulässig; sie sollte nicht mehr als ½ bis $^1/_{10}$ ° betragen, weil die Heizkörper selbst nach Abschalten der Stromentnahme noch eine Zeitlang Wärme abgeben und daher Schwankungen der Raumtemperatur erzeugen, die sich den durch die Regeltoleranz gegebenen Schwankungen überlagern. Bei Reglern mit einer Toleranz von 1 ° würden Schwankungen der Raumtemperatur von 2 ° und darüber entstehen.

Verfasser hat gefunden, daß die sog. Kontaktthermometer in nie geahntem Maße dazu geeignet sind, die Bedingung einer kleinen Regeltoleranz von $^1/_{10}$ ° und darunter betriebssicher einzuhalten. Mag auch eine so weit gehende Temperaturgleichheit in bewohnten Räumen überflüssig sein, so gibt es doch viele Fälle, wo sie äußerst erwünscht oder gar unerläßlich ist. Es sei hier nur an Prüf- und Eichämter erinnert, da bekanntlich alle Bezugsgrößen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt auf eine bestimmte Temperatur bezogen sind.

Wer auf die selbsttätige Regelung verzichtet, oder wo sie versagt, geht nicht nur der wesentlichsten Vorteile des elektrischen Betriebes verlustig, sondern erhöht die Betriebskosten durch Aufwand überflüssiger Wärmeeinheiten.

Man darf aber den Einfluß der selbsttätigen Regelung hinsichtlich der tragbaren Höhe des Strompreises bzw. der eingesparten Kilowattstunden nicht überschätzen. Die durch selbsttätige Steuerung erzielbaren Ersparnisse an Wärmeeinheiten werden relativ um so kleiner, je größer

die Grundlast des Stromverbrauchsdiagrammes wird, d. h. je kleiner der Quotient aus Flächeninhalt der Spitzen zum gesamten Flächeninhalt des Diagrammes wird.

Abb. 3 zeigt die Strombelastungsdiagramme eines vollelektrisch beheizten Hauses in den Wintern 1936/37 und 1937/38. Es ist ersichtlich, daß sich die Spitzen dieser Diagramme auf einer beträchtlichen Grundlast aufbauen, deren Höhe in beiden Wintern etwa vom 12. November bis 12. März 50 % der im Januar bzw. Februar aufgetretenen Belastungsspitze beträgt. Es liegt auf der Hand, daß für diese Grundlast, welche übrigens in beiden Fällen auch die Hälfte des gesamten Stromverbrauches ausmacht, die selbsttätige Regelung keinerlei Einfluß oder gar Vorteile hat, deren Vorteile sich eben nur bei der Deckung von Wärmebedarfsspitzen auswirken. Dies ist der Grund, warum bei der völlig grundlastfreien Garagenheizung ein Strompreis von 4 und 5 Rpf/kWh ohne weiteres tragbar ist, während auf der anderen Seite niemandem empfohlen

Abb. 3. Verlauf des Wärmebedarfes und Grundbelastungen in den Wintern 1936/37 und 1937/38 für ein Wohnhaus mit einem mittleren jährlichen Wärmebedarf von 75 000 kWh.

sei, ein Wohnhaus zu solchen Strompreisen nach den hier gezeigten Diagrammen vollelektrisch zu heizen. Beträgt die Grundlast 50 % des gesamten Wärmebedarfes, so kann man die Vorteile der selbsttätigen Regelung der elektrischen Heizung anwenden, indem man diese mit einem Feuerungskessel kombiniert. Die Grundlast übernimmt der Feuerungskessel, und die Spitzen werden aus einem elektrischen Durchlauferhitzer gespeist. Da dieser nur noch einen geringen Anschlußwert hat, genügt eine einfache Heizpatrone, die man in die Steigeleitung oberhalb des Feuerungskessels einschraubt und in Abhängigkeit von der Raumtemperatur mittels eines Reglers schalten kann. Die Bedienung des Feuerungskessels wird dann denkbar einfach, indem man, ohne sich um Raum- und Außentemperaturen zu kümmern, ihn tagein tagaus in der gleichen Weise, und zwar derart beschicken kann, daß er auch wirklich mit dem besten Wirkungsgrad arbeitet, den die Heizungsfirmen für ihn angeben und der in der Praxis sonst infolge Bedienungsfehlern niemals eingehalten wird. Auf der anderen Seite kommen die Vorteile der selbsttätigen Regelung für den elektrischen Teil der Anlage wieder voll zur Geltung, so daß die höheren Betriebskosten für die 50prozentige Deckung des Wärmebedarfes auf elektrischem Wege überall dort zu rechtfertigen sind, wo man völlige Konstanz der Raumtemperatur und namentlich die völlige Bedienungslosigkeit in der Übergangszeit hinreichend zu schätzen weiß.

Für das Stromlieferwerk hat dieser kombinierte Betrieb den besonderen Vorteil, daß die Benutzungsstundendauer der Abnehmergruppe nicht unbeträchtlich größer wird, als sie bei rein elektrischem Betrieb ohnehin schon ist[3]). Während nämlich bei vollelektrischem Betrieb die Grundlast für alle Abnehmer den Gleichzeitigkeitsfaktor 100 % aufweist und daher der Gleichzeitigkeitsfaktor der Gesamtleistung kaum unter 90 % liegen dürfte, würde er bei dem vorhin geschilderten gemischten Betrieb auf wenigstens 70 % zurückgehen, weil nicht alle Regler aller auf diese Weise betriebenen Anlagen den Durchlauferhitzer gleichzeitig einschalten lassen werden. Aber selbst wenn man nur den einzelnen Abnehmer betrachtet, wird die Benutzungsstundendauer des Durchlauferhitzers nicht kleiner als beim ausschließlich elektrischen Betrieb, denn, wie aus Abb. 3 ersichtlich ist, beträgt die durch den Feuerungskessel dauernd aufzubringende Leistung etwa 50 % des im Winter aufgetretenen höchsten Wärmebedarfes, so daß der Durchlauferhitzer nur den halben Anschlußwert zu haben braucht. Auf der anderen Seite schließt die von dem Feuerungskessel gedeckte Fläche nur 50 % der Gesamtfläche des Diagrammes ein, woraus sich für den halbelektrischen Betrieb genau die gleiche Benutzungsstundendauer ergibt.

Selbstverständlich gelten diese Zahlen nur für die betreffenden Heizperioden; da sie aber in den beiden hier gezeigten Fällen fast genau gleich sind, kann man wohl annehmen, daß diesem Ergebnis eine gewisse meteorologische Gesetzmäßigkeit zukommt, aus der man die Regel ableiten könnte, die Grundlast mittels der absolut billigeren Kohlenfeuerung und die Spitzenlast durch die hochwertige Elektrowärme zu decken. Mit anderen Worten: Selbst in den Fällen, wo die Gradtagzahl und damit der gesamte Wärmeaufwand so hoch wird, daß die Vorteile des elektrischen Betriebes gegenüber dem Gesamtaufwand wirtschaftlich in den Hintergrund treten, kann man durch Deckung der Grundlast mittels Kohle einen Betriebszustand herbeischaffen, der einerseits den besten Wirkungsgrad der Kohlenfeuerung gewährleistet und anderseits die Vorteile des elektrischen Betriebes auszunutzen gestattet, indem man letzteren auf den Zustand einer geringen Gradtagzahl reduziert.

Zusammenfassung.

Wenngleich diese Darlegungen keine allgemeingültige Formel für die Wirtschaftlichkeitsberechnung jeder Art von elektrischer Raumheizung enthalten, so zeigen sie doch eine gewisse Systematik, bei deren Anwendung man wohl immer in der Lage sein wird, die Wirtschaftlichkeit oder Unwirtschaftlichkeit einer elektrischen Raumheizung von Fall zu Fall zu beurteilen, sofern man über die nötigen Erfahrungen über die Größe der jeweils in die Rechnung einzusetzenden und allerdings sehr zahlreichen Faktoren verfügt.

Bericht über die Aussprache[1]).

Leiter: H. Masukowitz VDE.

Herr X.: Ich habe in dem Vortrag ein Gebiet vermißt, nämlich das der Heizung größerer Arbeitsräume. Der Herr Vortragende erwähnte die großen Vorteile, die der Strahlungsheizung neuerdings zugemessen werden. Das kam auf dem Kongreß für Heizung und Lüftung, der kürzlich in Berlin getagt hat, in mehreren Vorträgen zum Ausdruck. Es wurde da allerdings hervorgehoben, daß der geistige Arbeiter bei einer niedrigeren Temperatur arbeiten soll als der körperliche Arbeiter. Anderseits wurde gesagt, daß man die Strahlungsheizung in der Weise durchzuführen versucht, daß man die Heizung von oben herab und nicht von den Seiten her wirken läßt. Natürlich ist die Strahlungsheizung in Wohnungen ein recht schwieriges Gebiet; denn es ist klar, daß die großen Massen der umgebenden Mauerwerke einen unheilvollen Einfluß ausüben, so daß wir ohne Isolierung der Mauern wohl kaum zu einer erfolgreichen Strahlungsheizung gelangen werden. Ganz anders aber liegt es bei den größeren Fabrikräumen. Ich denke da vor allem an Räume, in denen feinere Arbeiten ausgeführt werden, z. B. in Textilfabriken. Hier könnte die Strahlungsheizung unter Umständen doch von Bedeutung werden. Jedenfalls fällt hier der Einwand weg, daß die umgebenden Mauern einen wesentlichen Einfluß ausüben können, weil die Räume viel zu groß sind.

[3]) Sie beträgt bei vollelektrischem Betrieb und dauernder Aufrechterhaltung der Raumtemperaturen auch während der Nachtzeit in Wohnhäusern rd. 2100 Stunden.

[1]) Die Aussprache fand anschließend an den Vortrag vor dem VDE Bezirk Berlin am 8. 11. 1938 statt.

Ich möchte also glauben, daß sich hier — zumal solche Firmen ohnehin ihren Strom zu niedrigen Preisen beziehen — noch Zukunftsmöglichkeiten für die elektrische Heizung bieten, die wir heute vielleicht noch gar nicht übersehen können. Ich möchte den Herrn Vortragenden bitten, auf diese Frage noch kurz einzugehen.

Vortragender: Ich halte es nicht für ausgeschlossen, daß in solchen Sonderfällen — und ich möchte das angeführte Beispiel als einen Sonderfall bezeichnen — die Strahlungsheizung ihre Existenzberechtigung hat, wie ich es denn überhaupt grundsätzlich ablehne, über ein System den Stab endgültig zu brechen oder in allen Fällen für ein bestimmtes System einzutreten. Auf der anderen Seite habe ich zuungunsten der Strahlungsheizung bisher noch nicht meine persönlichen Wahrnehmungen mitgeteilt. Sie gehen dahin, daß es bei der Decken-Strahlungsheizung als unangenehm empfunden wird, daß der Kopf warm ist und die Füße kalt sind. Dazu kommt noch ein Weiteres: Man braucht eine sehr starke Isolierung. Sieht man von einer solchen Isolierung der Decke ab, dann wirkt sich die Strahlungsheizung als eine sehr wirksame Fußbodenheizung für das darüberliegende Geschoß aus; sie wird sehr unangenehm empfunden, sobald die Oberflächentemperatur des Fußbodens 25° überschreitet, von den Wärmeverlusten des darunterliegenden und eigentlich zu beheizenden Raumes abgesehen. Die Schwierigkeit der zweckmäßigen Montage der Strahlungsheizung in Wohnräumen ist außerordentlich groß, schon wegen der Behinderung in der Möbelstellung. Wenn man sie nicht an der Decke unterbringt, was mit den eben erwähnten Nachteilen verbunden ist, ist man auf eine verhältnismäßig kleine Wandfläche angewiesen, an die man später keine Möbel mehr hinstellen darf.

Leiter: Ich kann mich den Ansichten des Herrn von Sauer über die Strahlungsheizung nicht ganz anschließen, da sie mir nicht mit den Erfahrungen der Praxis übereinzustimmen scheinen. Wie wir auf einer Tagung der Elektrizitätswerke im Jahre 1937 feststellen konnten, ist nämlich die Vorliebe für die elektrische Strahlungsheizung ziemlich groß. Praktisch bewiesen sind allerdings die angeblich großen Stromverbrauchsersparnisse der Strahlungsheizung noch nicht; aber was man sich von ihr verspricht, scheint doch immerhin so aussichtsreich, daß an den verschiedensten Stellen Versuche durchgeführt werden. Das Problem, das uns energiewirtschaftlich eine viel größere Sorge macht als die Frage der Stromverbrauchsersparnis, ist wohl das, daß es bisher noch kein Mittel zu geben scheint, mit der elektrischen Strahlungsheizung spitzenfrei zu arbeiten. Wir sehen keine Möglichkeit, die elektrische Strahlungsheizung so zu betreiben, daß man sie in den Zeiten, in denen die Elektrizitätswerke keine Stromspitzen vertragen können, abschalten oder daß man mit Speicherung usw. helfen kann. Gemeint ist hier natürlich die rein elektrische Strahlungsheizung mit unmittelbar in die Decke eingebauten Heizkabeln. Bei Verwendung einer Warmwasser-Zentralheizungsanlage mit in die Decken eingebauten Heizrohren und Elektrokessel läßt sich natürlich das Prinzip der Strahlungsheizung und Speicherung gleichzeitig durchführen. Doch bietet eine solche Anlage bezüglich Anschaffungskosten und Regelempfindlichkeit wohl nicht den gleichen Anreiz wie die unmittelbare elektrische Strahlungsheizung.

Herr **Stiebel:** Der Herr Vortragende nannte wiederholt Temperaturdifferenzen, innerhalb derer die eingebauten Regler ansprechen sollen. Ich muß offen sagen, daß mir diese Temperaturintervalle nach den Erfahrungen, die ich selbst auf dem Gebiet der Raumheizung habe, außerordentlich klein zu sein scheinen. Herr von Sauer sagte, daß ein eingeschalteter Rundfunkapparat den Regler schon zum Ansprechen bringt. Wenn der Regler schon bei einer Temperaturdifferenz von $^1/_{10}$° anspricht, dann braucht nur jemand etwas heftig zu atmen, um die ganze Heizung abzuschalten.

(Vortragender: Jawohl!)

Ich stelle es mir so vor, daß, wenn jemand nur in das Zimmer geht, die Heizung schon aus dem Gleichgewicht gebracht ist. Ich wollte nur darauf hinweisen, daß das von Interessenten immer hochgetriebene Ideal der Empfindlichkeit der Temperaturregler den großen Nachteil hat, daß durch ein zu häufiges Ansprechen die Relais und Regeleinrichtungen überbeansprucht und zerstört werden.

Vortragender: Dieser Einwand ist durchaus berechtigt, nur in einem anderen Sinne; denn die Schalthäufigkeit könnte einen solchen Regler nicht zerstören. Aber mit Ihren einleitenden Ausführungen haben Sie recht: Wenn man einen einzigen Regler für ein ganzes Haus verwendet und dessen Empfindlichkeit überzüchtet, dann kann es natürlich vorkommen, daß, wenn ich in dem den Regler enthaltenden Raum den Rundfunkapparat einschalte, in allen übrigen Räumen eine Untertemperatur entsteht, oder wenn man in dem betreffenden Raum heftig atmet, in den anderen Räumen friert. Man sollte die übertrieben empfindlichen Regler nur für die Individualregelung einzelner Räume verwenden und nicht für die Zentralregelung eines ganzen Gebäudes. Hier wäre ein weniger empfindlicher Regler vorzuziehen, der auf solche Zufälligkeiten nicht anspricht.

Herr **Stiebel:** Sie sprachen von der Möglichkeit, Radiatoren in einzelnen Zimmern anzubringen oder von einer Zentralstelle aus die vorhandene Warmwasserheizung zu benutzen. Besitzen Sie Rentabilitätserfahrungen darüber, ob — unter Voraussetzung des 24stündigen Betriebs — die dezentralisierte oder die zentralisierte Erzeugung rationeller erscheint?

Vortragender: Ich habe wohl Erfahrungen, aber man kann sie nicht unmittelbar miteinander vergleichen, weil sie nicht am gleichen Objekt gewonnen worden sind. Ich glaube aber, daß sich Ihre Frage theoretisch recht gut beantworten läßt. Man kann das ganze zu beheizende Gebäude als einen einzigen Wärmespeicher auffassen. Es handelt sich nur darum, die Isolationsverluste des Speichers, der nicht entleert wird, zu decken. Ob man nun die Wärmeverluste des Speichers durch eine Zentralheizung oder durch Widerstandsöfen laufend deckt, die in den einzelnen Zimmern aufgestellt sind, ist, solange wir nur die Verluste der Außenhaut des Gebäudes in Betracht ziehen, völlig gleichgültig.

Leiter: Dies gilt natürlich nur für die Voraussetzung, daß alle Räume durchgehend beheizt werden. Werden bei der dezentralisierten Heizung einzelne Räume zeitweilig abgeschaltet, so ist theoretisch mit geringerem Stromverbrauch zu rechnen als bei der Zentralheizung mit ihren zusätzlichen Rohrleitungsverlusten. Allerdings dürfte es sich nur um geringfügige Unterschiede handeln.

Herr **Kind:** Ich glaube, ich muß doch zur Ehrenrettung der Strahlungsheizung einige Worte sagen. Über die Strahlungsheizung ist in letzter Zeit viel gesprochen und geschrieben worden, zum Teil auch von Leuten, die noch nie eine Strahlungsheizung gesehen haben. Man muß zunächst einen grundsätzlichen Unterschied machen zwischen der Strahlungsheizung mit Warmwasser, die auch Herr von Sauer erwähnt hat, und der elektrischen Strahlungsheizung. Die Nachteile, die der Strahlungsheizung allgemein nachgesagt werden und die auch neulich auf dem internationalen Heizungskongreß von einzelnen Seiten angeführt wurden, sind hauptsächlich die schwierige Regelung, die große Trägheit und die hohen Anschaffungskosten. Das alles ist durch die Warmwasserheizung bedingt. Wenn wir aber die Strahlungsheizung elektrisch ausführen, dann können wir diese Nachteile vermeiden. Ich habe eine ganze Reihe von Anlagen geplant und ausgeführt und komme immer wieder zu dem Ergebnis, daß bei Neubauten die Strahlungsheizung, wenn sie elektrisch ausgeführt wird, hinsichtlich der Anschaffungskosten am billigsten ist. Das kommt daher, daß praktisch nur eine schwache Isolation in der Decke vorzusehen ist, während die Warmwasser-Strahlungsheizung immerhin eine sehr schwere Deckenkonstruktion erforderlich macht, wobei noch allerlei Überlegungen anzustellen sind.

In einem richtig mit Strahlungsheizung geheizten Raum treten irgendwelche unangenehmen Eindrücke nicht auf.

Über die Wirtschaftlichkeit der Strahlungsheizung wird genau soviel dafür wie dagegen gesprochen. Ganz einwandfreie Versuchsergebnisse liegen noch nirgends vor. Grundsätzlich könnte man sie nur so gewinnen, daß man zwei genau gleich große Räume oder Gebäude in genau derselben klimatischen Lage usw. aufbaut und gleichzeitig in Betrieb nimmt. Alle Versuche, wie man sie bisher gemacht hat, in einem Raum einige Tage mit Konvektionsheizung und einige Tage mit Strahlungsheizung zu arbeiten, geben infolge der Speicherwirkung der Wände und der unterschiedlichen außenklimatischen Verhältnisse ein falsches Bild. Die Wanderwärmung ist meist nicht so groß, wie man im allgemeinen annimmt oder befürchtet. Die Deckentemperaturen liegen bei der Strahlungsheizung bekanntlich in der Größenordnung von 30 bis 40°. Die Wand wird aber im allgemeinen nicht so warm wie die Lufttemperatur. Das ist auch theoretisch nicht möglich, da sonst die Strahlungsheizung in Überhitzung ausarten würde; denn der Mensch muß abstrahlen und Wärme abgeben.

Ich habe eine ganze Reihe von Wandtemperaturen gemessen; sie sind in keiner Weise höher als bei der Konvek-

tionsheizung. Die Wand absorbiert wohl Wärme, aber bei der Konvektionsheizung nimmt die Wand auch Wärme auf.

Die Strahlungsheizung arbeitet mit einem geringen Wärmegefälle. Die Decke hat nur eine verhältnismäßig niedrige Temperatur von 30 bis 35°. Der Raum wird gleichmäßig erwärmt, ohne daß stellenweise ein höheres Wärmegefälle auftritt.

Bei der Deckenisolation braucht man nicht allzu große Ansprüche zu stellen. Die Decke ist schon verhältnismäßig gut isoliert. Die Wärmedurchgangszahlen liegen bei der Decke in der Regel niedriger als bei Mauern. Wenn wir dazu noch eine Heraklith-Schicht und eine Alfoll-Lage verwenden, genügt es für den Normalfall vollkommen. Jedenfalls wird dann nicht der Zustand eintreten, daß man eine überhitzte Fußbodenheizung für den darüberliegenden Raum bekommt. Im allgemeinen wird man in den Dachgeschossen von Villen keine Strahlungsheizung einbauen. Dort liegen meist die Gäste- und Mädchenräume, die doch nicht den ganzen Tag über geheizt zu werden brauchen.

Ich möchte dann noch eine Heizungsart erwähnen, die wohl noch nicht zur Sprache gekommen ist: Luftheizung mit elektrischen Luftheizkörpern. Auch hierin liegt eine Möglichkeit für die elektrische Raumheizung, die sehr große Vorteile hat. Im Kino würde man nicht mit Strahlungsheizung arbeiten, denn wenn das Kino besetzt ist, dringt die Strahlung nicht auf den Boden. Auch ist die Strahlungsheizung für ein Kino zu träge; außerdem braucht das Kino Frischluft. Meistens ist also eine Lüftungsanlage vorhanden, mit welcher man die Luftheizung verbinden kann. Dasselbe trifft auch für Turnhallen zu.

Auch für Gemeinschaftsräume, in denen sich die Betriebsgefolgschaft mittags eine halbe Stunde aufhält, sind elektrisch betriebene Heizungsanlagen zweckmäßig, die sehr rasch ansprechen. Hier haben wir einen gegebenen Fall für Strahlungsheizung, aber nicht mit großen Flächen, sondern mit Heizkörpern, wie wir sie ähnlich in den Strahlenkaminen haben.

Vortragender: Ich möchte an die Bemerkungen über das Kino anknüpfen. Die Kinos beginnen mit ihren ersten Vorstellungen um 17^{00}. Ihr Wärmebedarf sinkt im Laufe des Abends mit wachsender Besucherzahl. Da der Anheizvorgang bis 17^{00} beendet sein muß, fällt er also mit der Belastungsspitze aller Elektrizitätswerke zusammen. Ich glaube daher, daß hier aus elektrizitätswirtschaftlichen Gründen kaum etwas zu machen sein wird.

Herr **Y:** Ich möchte den Herrn Vortragenden fragen, wie er sich zu den Klimaanlagen stellt, die doch im Verhältnis zu den Raumheizungsanlagen nicht wesentlich teurer sind. Sie sind auch schon ziemlich weit entwickelt.

Vortragender: Die Klimaanlage hat mit der Frage der elektrischen Raumheizung eigentlich nichts zu tun. Es gibt Klimaanlagen, wie z. B. in Amerika, die ausschließlich mit Ölfeuerung betrieben werden. Der Betrieb der Klimaanlage ist also keineswegs an die elektrische Heizung gebunden.

Herr **Y:** In einer solchen Villa, wie Sie sie angeführt haben, ist doch eine Klimaanlage noch angenehmer und auch nicht teurer als die Raumheizung.

Vortragender: Wenn Sie von außen Frischluft ansaugen, werden Sie erheblich mehr Wärmeeinheiten aufbringen müssen!

Herr **Y:** In großen Arbeitsräumen und großen Villen ist der Einbau einer Klimaanlage zweckmäßiger als die Raumheizung. Meines Erachtens verursacht eine Klimaanlage auch nicht mehr Einbau- und Betriebskosten.

Vortragender: Bei Klimaanlagen muß mit einem besonderen Aufwand für den Transport und die Reinigung der Luft gerechnet werden. Dies ist sicherlich teurer als nur die Beheizung der Luft. Dann braucht man auch Rohrleitungen (statt der Kabel); der Werkstoffaufwand ist bestimmt größer.

Leiter: Auch die Frage der Klimaanlagen wird sicherlich in Verbindung mit den Raumheizungsanlagen in Zukunft noch ein großes Interesse finden. Das möchte ich überhaupt zu dem heutigen Thema sagen: es gibt sehr vielfältige Lösungen auf dem Gebiet der Raumheizung, und jedes System wird für sich seine Existenzberechtigung haben. Vielleicht werden sich im Laufe der Zeit einige Arten immer mehr in den Vordergrund schieben. Damit ist aber nicht gesagt, daß sich nicht auch Systeme durchsetzen werden, die zur Zeit sogar noch Nachteile zu haben scheinen. Ich habe z. B. die von Herrn von Sauer abgelehnte Art der nichtselbsttätigen Regelung in einer ganzen Reihe von Häusern mit elektrischer Heizung gefunden, wo also immer mit der Hand geschaltet wird. Ich erblicke darin geradezu einen Vorteil der elektrischen Heizung, wenn man sogar mit dieser Heizungsart zufrieden ist.

Mit der Wärmeisolierung steigt auch die Aussicht der elektrischen Heizung in zunehmendem Maße. Je besser wir unsere Häuser und Wohnungen isolieren, desto geringer werden die Betriebskosten, und die Kosten der elektrischen Heizung rücken immer näher an die heutigen Kosten der Brennstoffheizung heran. Wie wir auf dem Gebiet der Beleuchtung und des Kochens erlebt haben, werden wir auch auf dem der Heizung erleben, daß die Bevölkerung sich in immer stärkerem Maße der Vorzüge und der Annehmlichkeiten der elektrischen Energie bedienen wird.

Handelsregistereintragungen. — Stufenkraftwerk Camberg G. m. b. H., Camberg i. Taunus (20000 RM): Herstellung von elektrischer Kraft zwecks Versorgung der Stadt Camberg unter Ausnutzung der Wasserkraft des Emsbaches. — „Gemona" G. m. b. H., Berlin SW, Kochstr. 18 (20 000 RM): Erforschung der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen. — Ege Großhandlung elektrotechnischer Artikel G. m. b. H., Berlin W 50, Marburger Straße 10 (20 000 RM): Großhandel mit elektrotechnischen Artikeln aller Art, insbesondere der Vertrieb der „Ege"-Glühlampen. — Gas- und Stromversorgung Mittelsachsen A.G., Schönebeck an der Elbe (200 000 RM): Versorgung der Bevölkerung mit Gas, Elektrizität und Wasser, Bezug und Lieferung von Licht-, Heiz- und Kraftmitteln aller Art.

STATISTISCHE MITTEILUNGEN.

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Welt-Elektro-Ausfuhr 1938. Die Welt-Elektro-Ausfuhr (Ausfuhr der in der Zahlentafel 1 dargestellten Länder, die rd. 95% der Welt-Elektro-Ausfuhr bestreiten) betrug 1938 1261 Mill RM. Gegenüber dem Vorjahr ist sie nur noch um ein Geringes (+1,6%) gestiegen, infolge des Ausfuhrrückganges der beiden großen Lieferländer V. S. Amerika und Niederlande. Die Mehrzahl der übrigen Länder hat ihre Ausfuhr gegen 1937 günstiger entwickeln können. Die deutsche Ausfuhr (ohne die Ausfuhr der Ostmark) lag 5% über dem Ergebnis von 1937. Deutschland steht nach wie vor an erster Stelle, das Altreich mit 26,8%, Großdeutschland mit 28,1% der Weltausfuhr 1938. Von den übrigen Ländern seien noch genannt Großbritannien, das durch eine 10%ige Steigerung seiner Ausfuhr seinen Ausfuhranteil von 1937 19,5% auf 1938 21,1% erhöhte, Schweden, Belgien und Frankreich mit 7 bis 11% Ausfuhrzunahme, die Schweiz mit 15% und Japan mit 32% Ausfuhrzunahme. Diese fünf Länder, die zusammen 1937 13,8% der Weltausfuhr lieferten, haben durch diese günstige Gestaltung ihrer Ausfuhr ihren Anteil an der Weltausfuhr auf 15,7% erhöht.

Zahlentafel 1. Welt-Elektro-Ausfuhr*) 1936 bis 1938.

Länder[1])	1936	1937	1938[2])	Anteil a. d. dargestellt. Elektro-Ausfuhr 1936	1937	1938
	Mill RM	Mill RM	Mill RM	%	%	%
Deutschland	266,2	328,0	[3]) 354,0	26,6	26,5	[3]) 28,1
V. S. Amerika	253,7	314,5	284,7	25,3	25,5	22,6
Großbritannien	197,8	241,1	266,7	19,8	19,5	21,1
Niederlande	75,2	99,2	97,4	7,5	8,0	7,7
Japan	35,5	39,9	52,6	3,5	3,2	4,2
Belgien-Luxemburg	23,6	36,2	39,2	2,4	2,9	3,1
Schweden	27,1	36,3	38,9	2,7	2,9	3,1
Schweiz	26,4	30,1	34,7	2,6	2,5	2,8
Frankreich	28,8	28,5	31,3	2,9	2,3	2,5
Ungarn	19,4	20,7	19,2	1,9	1,7	1,5
Italien	7,9	13,4	19,1	0,8	1,1	1,5
Österreich	17,6	22,8	—	1,8	1,9	—
Canada	13,0	15,1	14,5	1,3	1,2	1,1
Tschechoslowakei	8,6	10,2	9,0	0,9	0,8	0,7
insgesamt	1000,8	1236,0	1261,3	100	100	100

*) Ausfuhr von 14 Ländern, die zusammen über 95% der Welt-Elektro-Ausfuhr liefern.
[1]) Geordnet nach der Größe der Ausfuhr 1938.
[2]) Vorläufige Zahlen.
[3]) Hierin Ausfuhr der Ostmark 18 Mill RM mit 1,4%.

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.

VDE-Vorschriftenbuch 22. Auflage.

Die neue, 22. Auflage des VDE-Vorschriftenbuches ist soeben nach dem Stande am 1. Januar 1939 erschienen. Der Band enthält alle an diesem Tage gültigen VDE-Bestimmungen und darüber hinaus auch diejenigen, welche am 1. 1. 1939 abgeschlossen und genehmigt waren, aber erst zu einem späteren Termin in Kraft treten. Über Änderungen gegenüber der letzten (21.) Auflage unterrichtet ein ausführlicher Prospekt, der diesem Heft vor der ersten Textseite beiliegt und außerdem von der ETZ-Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, VDE-Haus, kostenlos bezogen werden kann.

Die Preise sind:
Ganzleinenband mit Daumenregister . . . 16,20 RM
für VDE-Mitglieder und die ostmärkischen Mitglieder der Fachgruppe „Elektrotechnik, Gas und Wasser im NSBDT" . . . . . . 14,60 RM
Außerdem besteht ein
Umtauschrecht:
Bei portofreier Rücksendung eines Vorschriftenbuches der 21. Auflage . . . . . 13,80 RM

Die Mitglieder können den Mitgliedspreis oder das Umtauschrecht in Anspruch nehmen. Der Umtauschpreis von 13,80 RM wird nur für so viele Vorschriftenbücher gewährt, als solche der 21. Auflage zurückgeliefert werden. — Ältere Auflagen als die 21. können nicht umgetauscht werden.

„Elektrotechnik und Maschinenbau".

Durch einen Beschluß seines Vorstandes hat der VDE die Herausgabe der bisher vom ehemaligen Elektrotechnischen Verein in Wien herausgegebenen Zeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau" (E und M) übernommen. Der VDE hat „E und M" anknüpfend an ihre bisherige Entwicklung eine Sonderaufgabe als Zeitschrift für elektrische Maschinen übertragen, die den Weiterbestand von „E und M" rechtfertigt und gleichzeitig eine Entlastung der ETZ von der großen Zahl von Spezialaufsätzen auf diesem Gebiet ermöglicht. An dem redaktionellen Programm der ETZ wird dadurch eine wesentliche Änderung nicht eintreten, da diese als Zentralblatt der Elektrotechnik die elektrischen Maschinen auch weiterhin in gebührendem Umfang behandeln wird.

Gleichzeitig gab der VDE die Zeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau" der ETZ-Verlag GmbH in Verlag. Die Verlagsübernahme hat mit dem 31. d. M. nunmehr ihren Abschluß gefunden. Der Vorsitzende des VDE hat dem ersten im ETZ-Verlag am 17. Februar erschienenen Doppelheft 7/8 das nachfolgende Vorwort gewidmet:

Zum Geleit!

„Als nach dem Anschluß der Ostmark die Mitglieder des ehemaligen Elektrotechnischen Vereines in Wien in die Fachgruppe Elektrotechnik, Gas und Wasser im NSBDT eingegliedert wurden, entstand die Frage, welche Aufgabe zukünftig der Zeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau" zufallen sollte. Die Entscheidung über das Schicksal dieser im In- und Ausland angesehenen Zeitschrift, die jetzt im 57. Jahrgang erscheint, mußte vom Verband Deutscher Elektrotechniker mit größter Sorgfalt getroffen werden.

Die Weiterführung von „Elektrotechnik und Maschinenbau" als Zeitschrift, die das Gesamtgebiet der Elektrotechnik behandelt, kam neben der ETZ nicht in Betracht. Andererseits konnte sich aber der VDE nicht dazu entschließen, eine alte wissenschaftliche Tradition von „E und M" ganz abzubrechen und die Zeitschrift eingehen zu lassen, zumal Zuschriften zahlreicher Fachgenossen das große Interesse weiter Kreise der deutschen Elektrotechnik an ihrem Fortbestehen zeigten. Der VDE hat sich daher nach eingehenden Erwägungen entschlossen, gerade an die besondere Tradition von „E und M" anzuknüpfen und sie als Sonderzeitschrift für das große Gebiet der elektrischen Maschinen, Transformatoren und Stromrichter, sowie der elektrischen Antriebe, selbst herauszugeben und — gestützt nunmehr auf die technisch-wissenschaftliche Arbeit des gesamten Reiches — weiter auszubauen.

Das Gebiet des Elektromaschinenbaus hat angesichts der immer mehr steigenden Anwendung der Elektrotechnik in allen Industrien von Jahr zu Jahr so sehr an Bedeutung gewonnen, daß der VDE glaubt, diesem Gebiete einen weiteren Raum einräumen zu sollen.

„E und M" wird von diesem Heft an in der ETZ-Verlag GmbH erscheinen. Die wissenschaftliche Leitung liegt auch weiterhin in den bewährten Händen von Herrn Professor Dr. Heinrich Sequenz in Wien.

Als Herausgeber wünscht der VDE der Zeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau" eine eifrige Mitarbeit aller interessierten Kreise der deutschen Elektrotechnik und eine weite Verbreitung im In- und Auslande."

Der Vorsitzende
des Verbandes Deutscher Elektrotechniker E. V.
gez.: Rißmüller.

Dieses Vorwort sowie ein drei Seiten umfassender Aufsatz von Professor Dr. Heinrich Sequenz über das Werden und die Zukunft von „E und M" sind von der ETZ-Verlag GmbH kostenlos als Sonderdruck zu beziehen.

„E und M" wird zukünftig vierzehntägig in Doppelheften erscheinen. Der Abonnementspreis beträgt jährlich RM 24,—, vierteljährlich RM 6,— (für VDE-Mitglieder und die ostmärkischen Mitglieder des NSBDT jährlich RM 20,—, vierteljährlich RM 5,—). Abonnementsbestellungen können durch jede Buchhandlung und durch jede Postanstalt im In- und Auslande oder unmittelbar bei der ETZ-Verlag GmbH, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 (VDE-Haus), aufgegeben werden. Die ETZ-Verlag GmbH stellt Probehefte gern kostenlos zur Verfügung.

Der VDE bittet alle interessierten Fachgenossen und Firmen, das weitere Gedeihen von „Elektrotechnik und Maschinenbau" durch eifrige Mitarbeit und den Bezug der Zeitschrift zu unterstützen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Bezirk Berlin

vorm. Elektrotechnischer Verein
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Namensänderung.

Mit Rücksicht auf die im Zuge der Neuordnung der Technik erfolgte Angleichung der Grenzen unseres Bezirkes an die

Grenzen des politischen Gaues Berlin ist der Name unseres Vereins mit Wirkung vom 8. 3. 1939 wie folgt geändert worden:

Verband Deutscher Elektrotechniker
Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

Besichtigung.

Am Freitag, dem 28. April 1939, findet für die Mitglieder der DLTG und des VDE eine Besichtigung des größten europäischen Glühlampenwerkes Osram Werk B statt.

Näheres ist aus den Mitteilungen (Nr. 2) des VDE Bezirk Berlin vom 16. März 1939 zu ersehen.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Mark Brandenburg, Frankfurt a. O. 3. 4. (Mo), 20^{00}, „Nürnberger Hof": „Die Schutzmaßnahmen in Anlagen bis 1000 V und die Grenzen ihrer Anwendbarkeit". Obering. Koch VDE.

VDE Bezirk Niedersachsen, Hannover. 4. 4. (Di), 20^{00}, T. H.: „Der Betrieb von Niederspannungsanlagen mit neuzeitlichen Schaltgeräten". Dr. A. Müller.

VDE Bezirk Nordmark, Kiel. 1. 4. (Sa), 9^{30}, „Schloßhof" Holtenauerstr. 162/170: a) „Vermaschung von Hoch- und Niederspannungsverteilungen — Netzgestaltung bei steigendem Bedarf". Dr. v. Mangoldt VDE. b) „Metalldampflampen in neuzeitlichen Beleuchtungsanlagen bei Verwendung der neuen Hochleistungs-Edelgasleuchtröhren mit Phosphoren und Luminophoren". Dipl.-Ing. Stege. c) „Neuzeitliche Übertragungsmittel zum Fernhören, Fernschreiben und Fernsehen". Dr. Strecker VDE.

VDE Bezirk Ostpreußen, Königsberg. 3. 4. (Mo), 20^{00}, Inst. f. Experimentalphysik: „Gewitterschutz in Mittelspannungsnetzen unter bes. Berücks. der Löschrohrableiter". Obering. Foitzik VDE.

VDE Bezirk Saar, Saarbrücken. 1. 4. (Sa), 17^{00}: Besichtigung des Gautheaters Saarbrücken.

Deutsche Gesellschaft für Chemisches Apparatewesen (Dechema), Berlin, und Fachgruppe Apparatebau der Wirtschaftsgruppe Maschinenbau, Berlin. 31. 3. (Fr), 10^{00}, Hofmann-Haus, Sigismundstr. 4: Gemeinsame Arbeitstagung mit 6 Vorträgen. Näheres durch die Geschäftsstelle der Dechema: Berlin W 35, Potsdamer Str. 111.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Auszeichnungen. — Dem Reichsschulungswalter Emil Maier-Dorn wurde vom Führer das Goldene Ehrenzeichen der NSDAP. verliehen. Herr Maier-Dorn erhielt es aus der Hand des Generalinspektors Dr. Todt bei einer Feier, die auf der Plassenburg anläßlich der Übergabe neugestalteter Räume an die Reichsschule Plassenburg stattfand.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 512.942

Vektoranalysis. Von Prof. Dr. S. Valentiner. 5. Aufl. (Sammlung Göschen Nr. 354). Mit 13 Abb. u. 136 S. im Format 110 × 160 mm. Verlag W. de Gruyter & Co., Berlin 1938. Preis geb. 1,62 RM.

Einführungen in die Vektorrechnung gibt es sehr viele, aber wenige gute und wirklich brauchbare. Das kleine Bändchen von Valentiner erfüllt in jeder Hinsicht diese Aufgabe. Der Inhalt der neuen Auflage ist nicht wesentlich verändert. Die Vektoranalysis wird ausgehend von der Vektoralgebra, in der die Begriffe Vektor, Skalar, inneres und äußeres Produkt erläutert werden, aufgebaut. Nach Einführung der gewöhnlichen Differentialoperationen werden die einzelnen Funktionen und schwierigen Vektoroperationen eingeführt. An alle Kapitel werden Anwendungsbeispiele angefügt, die aus den theoretischen Gebieten der Physik und Elektrizität gewählt sind. Hieran anschließend beschäftigen sich die letzten Kapitel mit den linearen Vektorfunktionen und den Dyaden und Tensoren. Auch hier ist mit wenigen Worten alles Wichtige klar hervorgehoben. Der Stil des Buches ist leicht und flüssig, sodaß das Lesen desselben ein Genuß ist. Die kleine Formelsammlung am Ende des Werkchens erhöht noch seine Brauchbarkeit.

E. Hameister VDE.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Das Verlegen von Starkstromanlagen. Von W. Blatzheim. Mit 320 Abb., VIII u. 234 S. im Format 160 × 230 mm. Verlag B. G. Teubner, Berlin 1938. Preis geh. 5,40 RM.

[Außer dem etwas aus dem Rahmen des Buches fallenden Kapitel über Lichttechnik, behandelt der Verfasser in erster Linie die elektrischen Leitungen. Zunächst sehr ausführlich, durch gute Abbildungen unterstützt, die Verlegung der Leitungen in Gebäuden und im Freien, ohne Zweifel ein Abschnitt, der für den Installateur von großer Wichtigkeit ist, zumal auch die zugehörigen VDE-Vorschriften eingeflochten sind. Dies gilt auch für den Abschnitt über die Schutzmaßnahmen gegen mögliche Berührungsspannungen. Der zweite Teil des Buches beschäftigt sich ebenfalls ausführlich mit den Verteilungs- und Speiseleitungssystemen und deren rechnerischer Behandlung. Die beigefügten durchgerechneten Beispiele seien besonders erwähnt. Der Elektroinstallateur wird gerne zu diesem Buch greifen und es auch zur Vorbereitung für die Gesellen- und Meisterprüfung geeignet finden.] *en.*

Sudetendeutschland in der Statistik. Herausgeber: Arbeitswissenschaftliches Institut der Deutschen Arbeitsfront, Berlin W 9, Leipziger Platz 14. 62 S. im Format A 4 mit 8 Plänen. (Nicht im Buchhandel).

[Das Arbeitswissenschaftliche Institut der Deutschen Arbeitsfront hat sich der Mühe unterzogen, aus Veröffentlichungen des ehemaligen tschechoslowakischen Statistischen Amtes, die sich meistens nur auf das ganze ehemalige Staatsgebiet bezogen, Statistiken über das heutige Sudetendeutschland anzufertigen. Von den vier Hauptabschnitten: Gebietseinteilung und Bevölkerung, Gewerbe, Schulwesen und Fremdenverkehr, interessiert den Techniker natürlich in erster Linie das Gewerbe. Wir finden hier z. B. auf den Seiten 16 bis 19 Angaben über die Zahl der öffentlichen und Industriekraftwerke und der dort tätigen Personen geordnet nach Gerichtsbezirken. Ausführlich sind auch die Statistiken über die Bodenschätze gehalten.] *s.*

Berichtigungen.

In dem Bericht „Selbsttätige Verkehrsregelung" in ETZ 60 (1939) H. 12, S. 366 ist beim Umbruch der Überschrift ein Satzfehler unterlaufen. Die Überschrift muß richtig lauten: „Selbsttätige Verkehrs**zählung**".

Auf S. 238 der ETZ d. J., Heft 8 ist zur Überschrift der Besprechung des Buches „Das Große Fernsehbuch" nachzutragen: „Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1938. Preis geb. 8,50 RM".

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Obering. H. Balke, Hohen-Neuendorf b. Berlin, Paulstr. 11.
Regierungsbaumeister H. Hermle VDE, Berlin-Lankwitz, Nicolaistr. 65.
Dr.-Ing. W. Krämer VDE, Berlin-Karlshorst, Treskowallee 89.
Obering. G. Pölitz VDE, Kirchlengern, Kraftwerk.
Dipl.-Ing. W. von Sauer VDE, Patentanwalt, Berlin SW 11, Saarlandstraße 12.
Obering. K. Schönfelder VDE, Berlin-Charlottenburg 1, Lohmeyerstraße 3.

Abschluß des Heftes: 24. März 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 56.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 6. April 1939 | Heft 14

Versuche über Oberwellenausgleich in einem Überlandnetz.

Von Friedrich Kurz VDE und Ernst Scharstein VDE, Nürnberg.

DK 621.311.1.018.32 : 621.314.21.062

Übersicht. Durch Versuche in einem ausgedehnten Netz soll der Nachweis erbracht werden, daß im Netzbetrieb der gegenseitige Ausgleich der Oberwellen im Magnetisierungsstrom durch verschiedene Schaltung der Transformatoren praktisch anwendbar ist. Es wird der Ausgleich der dritten Oberwelle durch Vertauschen der Anschlüsse der vorhandenen Transformatoren und der Ausgleich der fünften und siebten Oberwelle durch Zusammenwirken der in Stern und der in Dreieck geschalteten Transformatoren gezeigt.

Es ist schon seit längerer Zeit bekannt, daß sich in Stern und Dreieck geschaltete Dreiphasentransformatoren in der fünften und siebten Oberwelle ihres Magnetisierungsstromes gegenseitig ausgleichen können[1]). Im Schrifttum findet man nun die Ansicht vertreten, dieser gegenseitige Ausgleich lasse sich nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen für praktische Fälle ausnutzen[2]). Durch Prüffeldmessungen wurde bereits gezeigt, daß ein weitgehender Ausgleich der fünften und siebten Oberwelle im Magnetisierungsstrom mit Transformatoren der üblichen Bauweise zu erzielen ist, wobei gleichzeitig die dritte und neunte Oberwelle bei symmetrischer Anordnung wegfallen. Wenn sich in einem Netz die Symmetrie nicht von selbst ergibt, so kann sie leicht durch gleichmäßige Verteilung der Transformatorenanschlüsse auf die einzelnen Netzphasen herbeigeführt werden[3]).

Durch Versuche wurde nun die praktische Anwendungsmöglichkeit des gegenseitigen Ausgleiches der Oberwellen in einem ausgedehnten Netz mit seinen vielen verschiedenen Transformatoren geprüft[4]). Das in Frage kommende Versorgungsgebiet weist insgesamt rd. 3200 km Fernleitungen auf, die sich aus 60 kV-, 20 kV- und 6 kV-Leitungen zusammensetzen. Die 6 kV-Fernleitungen dienen in der Hauptsache zur Versorgung rein landwirtschaftlicher Gebiete, Transformatorenleistungen von 10 bis 30 kVA bilden hier die Regel. Über das 20 kV-Verteilungsnetz werden vorzugsweise industrielle Gebiete, Großabnehmer und Städte versorgt, denen ständig größere Leistungen zur Verfügung stehen müssen. Die 60 kV-Leitung dient als Speiseleitung für einen hochbelasteten Gebietsteil.

Die überwiegende Mehrzahl der in den Verbraucherstationen aufgestellten Transformatoren weist die Schaltart C_3 (Stern-Zickzack) auf. In den letzten Jahren wurden jedoch die Umspanner ab 50 kVA in Dreieck-Stern bzw. Dreieck-Zickzack ausgeführt. Die Transformatoren für die Umspannung von 20 auf 6 kV haben in der Mehrzahl die Schaltung Stern-Stern, nur einzelne die Schaltung Dreieck-Zickzack bzw. Dreieck-Dreieck. Die Transformatoren 60/20/6 kV sind in Schaltung Stern-Dreieck-Dreieck ausgeführt.

Abb. 1. Oberwellen in der Spannungskurve (Schalthaus *C*).

Mit einem Oberwellenmeßgerät, das die unmittelbare Messung der Oberwellen der Spannung und des Stromes bis zur fünfzehnten Oberwelle erlaubt, wurden im Schalthaus *C*, einem Hauptspeisepunkt des Netzes, die Oberwellen der Spannung im Verlauf eines Tages gemessen. In Abb. 1 ist neben der Netzbelastung die Spannung der dritten und fünften Oberwelle in Prozenten der Netzspannung aufgetragen. Alle übrigen Oberwellen waren vernachlässigbar klein.

Der Einfluß der Oberwellen, deren prozentualer Anteil an der Gesamtspannung sich demnach mit der Netzbelastung ändert, hat sich im Netzbetrieb bis jetzt in keinerlei Weise störend bemerkbar gemacht, es sei denn, daß das Ansprechen einiger mit thermischen Auslösern versehener Schalter für Kondensatoren darauf zurückzuführen ist. Trotzdem sollte der Beseitigung der Oberwellen volle Aufmerksamkeit geschenkt werden, insbesondere wenn dies durch einfache, den Betrieb nicht erschwerende Maßnahmen ohne erheblichen Mehraufwand zu erreichen ist.

Es wurden nun zunächst Untersuchungen über die Kurvenform im Versuchsgebiete 1, einem mit 6 kV versorgten Netzteil, durchgeführt. Die Drehstromleiter sind einheitlich im Dreieck angeordnet, dem oben liegenden Leiter, an den die Mittelklemmen *V* sämtlicher Transformatoren angeschlossen waren, war einheitlich die gelbe Phase zugeteilt. Die Leiterquerschnitte betrugen 16 bis 25 mm² Kupfer. In diesem Netzteil, der in Abb. 2 dargestellt ist, waren an das 6 kV-Netz 70 Transformatoren mit einer Gesamtleistung von etwa 1000 kVA angeschlossen. Die Verteilung der Transformatoren auf die einzelnen Leistungsstufen geht aus der Zahlentafel 1 hervor.

[1]) Lennox, J. Amer. Inst. electr. Engrs. 45 (1926) S. 755.

[2]) Buch u. Hueter, ETZ 56 (1935) S. 934; Krämer, VDE-Fachber. 9 (1937) S. 55.

[3]) Hueter, ETZ 54 (1933) S. 747; Scharstein, ETZ 58 (1937) S. 729.

[4]) Die Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit des Fränkischen Überlandwerkes mit den Siemens-Schuckertwerken durchgeführt.

Zahlentafel 1.

Nennleistung . . . . . kVA	5	7,5	10	15	20	30	50
Anzahl der Transformatoren .	3	21	15	6	20	4	1

Der von dem untersuchten Netzteil aufgenommene Strom konnte im Schalthaus *A* gemessen werden. Die Oberwellen treten nur bei schwacher Netzbelastung deutlich hervor. Die Messungen wurden daher nachts durchgeführt, da von etwa 1^{00} ab die geringste Belastung des Netzes auftrat. Zu dieser Zeit lag die Netzspannung über ihrem Nennwert, so daß auch die Magnetisierungsleistung der Transformatoren erhöht wurde. Da es sich fast ausschließlich um Transformatoren handelte, für die uns die Rechnungsunterlagen zur Verfügung standen, konnten die Magnetisierungsleistung und ihr Oberwellengehalt vorausberechnet werden. Die gemessenen Werte stimmten mit den vorausberechneten gut überein.

Aus der gemessenen Stromstärke ergab sich, daß das Netz auch während der Nacht mit etwa 85 kVA belastet war. Aus den Oszillogrammen des Stromes, Abb. 3, sieht man, daß infolge der zusätzlichen Belastung, die größer ist als die Magnetisierungsleistung der Transformatoren, der Oberwellengehalt des Stromes nicht so groß wird wie bei vollständig leerlaufenden Transformatoren[5]). Die mit dem Oberwellenmeßgerät bestimmten Stromstärken der einzelnen Oberwellen der in Abb. 3 dargestellten Stromkurven gehen aus Zahlentafel 2 hervor.

u Umschaltung der Phasenfolge

Abb. 2. Übersicht des Versuchsgebietes 1; 6 kV.

In der „gelben Phase", an die durchweg der Mittelschenkel der in Stern geschalteten Transformatoren angeschlossen war, tritt die dritte Oberwelle stark hervor; sie erreicht trotz der Vorbelastung des Netzes über 17 % des Gesamtstromes.

Ein Ausgleich der fünften und siebten Oberwelle wäre in diesem Falle nur durch in Dreieck geschaltete Transformatoren möglich. Die größte Entfernung, bis zu

5) Vgl. Scharstein, Fußnote 3.

Zahlentafel 2. Zerlegung des Stromes (Abb. 3).

	Gesamt-Wert	3.	5.	7.	9.	11.	13.
		Oberwelle					
Strom in der Phase „grün"							
Ampere	11,2	0,86	1,2	0,29	0,06	0,06	0,04
% des Gesamtwertes . .	—	7,7	10,7	2,59	0,5	0,5	0,4
Strom in der Phase „gelb"							
Ampere	8,52	1,47	1,03	0,3	0,06	0,06	0,02
% des Gesamtwertes . .	—	17,25	12,1	3,52	0,7	0,7	0,2
Strom in der Phase „violett"							
Ampere	10,6	0,56	1,18	0,28	0,06	0,06	0,04
% des Gesamtwertes . .	—	5,3	11,1	2,64	0,6	0,6	0,4

Abb. 3. Strom im Schalthaus *A* vor der Umschaltung.

Abb. 4. Strom im Schalthaus *A* nach der Umschaltung.

der die ausgleichenden Transformatoren entfernt sein dürfen, beträgt bei den hier vorliegenden Freileitungen 120 bis 130 km. Voraussetzung für einen solchen Ausgleich durch in Dreieck geschaltete Transformatoren — sei es, daß diese in anderen Netzteilen schon vorhanden sind, sei es, daß sie bei Erweiterungen beschafft werden — ist nun aber, daß die Symmetrie durch gleichmäßigen Anschluß der Transformatoren an die einzelnen Phasen hergestellt wird.

Es sollte nun für den untersuchten Netzteil die Symmetrie durch eine möglichst geringe Zahl von Umschaltungen erreicht werden. Vier Leitungsstücke und ein einzelner Transformator wurden, wie in Abb. 2 angedeutet, umgeschaltet, wodurch eine genügend gleichmäßige Verteilung der Magnetisierungsleistung auf die einzelnen Phasen zu erreichen war. Die Verteilung der Transformatoren geht aus der Zahlentafel 3 hervor.

Zahlentafel 3. Anschluß der Transformatoren nach der Umschaltung.

Nennleistung kVA		5	7,5	10	15	20	30	50
Anzahl der Transformatoren, bei denen Klemme *V* an . . .	Phase „grün"	3	12	3	1	2	—	1
	Phase „gelb"	—	5	4	2	12	1	—
	Phase „violett"	—	4	8	3	6	3	—

Die Messung des so umgeschalteten Netzteiles ergab die Stromkurven der Abb. 4. Die Ströme der einzelnen Phasen sind in ihrer Form fast gleich, was bereits auf das Verschwinden der dritten Oberwelle schließen läßt. Die Messung mit dem Oberwellenmeßgerät, deren Ergebnisse in Zahlentafel 4 zusammengestellt sind, bestätigt dies.

Die dritte Oberwelle ist zwar nicht ganz zu Null geworden, wie dies bei Prüffelduntersuchungen mit sechs gleichen Transformatoren ohne weiteres der Fall ist, sie

Zahlentafel 4. Zerlegung des Stromes (Abb. 4).

	Gesamtwert	3.	5.	7.	9.	11.	13.
		Oberwelle					
Strom in der Phase „grün"							
Ampere	11,7	0,26	1,10	0,246	0,04	0,04	0,02
% des Gesamtwertes	—	2,2	9,4	2,9	0,35	0,35	0,2
Strom in der Phase „gelb"							
Ampere	11,25	0,18	1,25	0,28	0,06	0,06	0,02
% des Gesamtwertes	—	1,6	11	2,5	0,55	0,55	0,2
Strom in der Phase „violett"							
Ampere	11,3	0,14	1,19	0,22	0,06	0,06	0,02
% des Gesamtwertes	—	1,25	10,5	2,0	0,55	0,55	0,2

Abb. 5. Kurve zur Bestimmung von $N^{3/4}$.

ist aber trotz der geringen Zahl der Umschaltungen im Netz von über 17 % auf 2,2 % des Gesamtwertes in der ungünstigsten Phase zurückgegangen. Dieser Wert von 2,2 % ist aber für die Praxis in allen Fällen unbedenklich. Wie ein Vergleich der Zahlentafeln 2 und 4 zeigt, sind die fünfte und siebte Oberwelle, wie zu erwarten war, durch die gleichmäßige Verteilung nicht beeinflußt worden. Alle übrigen Oberwellen mit höherer Ordnungszahl bleiben unter 1 % und sind daher praktisch bedeutungslos.

Durch diese Messung ist der Beweis erbracht, daß es möglich ist, rechnerisch die Schaltung des Netzes zu bestimmen, bei der die dritte Oberwelle praktisch verschwindet. Allerdings ist die Magnetisierungsleistung im allgemeinen nicht bekannt, und eine gleichmäßige Verteilung nach den Nennleistungen genügt nicht, da die kleineren Transformatoren einen größeren Magnetisierungsstrom, bezogen auf die Nennleistung, aufweisen. Bei einheitlichen Transformatorenreihen ist die Magnetisierungsleistung proportional $N^{3/4}$, wenn N die Nennleistung der Transformatoren ist. Nun gehören zwar die Transformatoren eines Netzes keiner einheitlichen Baureihe an; wenn man aber darauf achtet, daß nicht gerade Transformatoren verschiedener Baujahre oder verschiedener Herkunft, die vielleicht in bestimmten Netzteilen sich häufen, einseitig angeschlossen werden, so kann man auf Grund dieser Beziehung eine genügend gleichmäßige Verteilung erreichen.

Die hier aufgeführten Regeln, das sei hier eingeschaltet, gelten für dreischenklige Kerntransformatoren und für Fünfschenkeltransformatoren, soweit sie, wie bei neueren Bauarten üblich, eine in Dreieck geschaltete Wicklung aufweisen, sei es auf der Primär- oder Sekundärseite oder als Tertiärwicklung. Die älteren Manteltransformatoren nehmen hinsichtlich der Oberwellen eine Sonderstellung ein, so daß ein Netz, in dem etwa noch solche Transformatoren in größerer Zahl vorhanden sind, gesondert untersucht werden muß.

Bei sterngeschalteten Kerntransformatoren sind die an die Außenschenkel angeschlossenen Klemmen gleichwertig, nur die an den Mittelschenkel angeschlossene Klemme, die fast durchweg mit V bezeichnet ist, nimmt eine Sonderstellung ein, so daß beim Vertauschen der Anschlüsse bei sterngeschalteten Transformatoren nur auf diese Klemme zu achten ist. Für eine Beseitigung der dritten Oberwelle muß also die Bedingung erfüllt sein, daß für jede Phase des Netzes die Summe über $N^{3/4}$ derjenigen Transformatoren, die mit der Klemme V an die betreffende Phase angeschlossen sind, gleichgroß wird. Um die Summe über $N^{3/4}$ ohne große Mühe bilden zu können, ist in Abb. 5 im doppelt logarithmischen Maßstab eine Gerade eingetragen, mit deren Hilfe sich der Wert für $N^{3/4}$ bei gegebenem N leicht ablesen läßt.

Auf diese Weise ist es möglich, das Netz nach und nach so umzuschalten, daß die Unsymmetrie verschwindet. In einem symmetrischen Netz ist es aber, wie oben erwähnt, möglich, die fünfte und siebte Oberwelle durch Transformatoren verschiedener Schaltung auszugleichen. Um auch diese Möglichkeit betriebsmäßig zu untersuchen, wurden die Versuche in einem Netzteil fortgesetzt, in dem bereits eine Reihe von in Dreieck geschalteten Transformatoren vorhanden ist. Das Versuchsgebiet 2, das in Abb. 6 dargestellt ist, wird mit 20 kV versorgt.

Δ Transformator oberspg. in Dreieck
u Umschaltung der Phasenfolge

Abb. 6. Übersicht des Versuchsgebietes 2; 20 kV.

Von den 36 Transformatoren dieses Gebietes besaßen fünf auf der Oberspannungsseite Dreieckschaltung; die übrigen 31 Transformatoren haben auf der Oberspannungsseite Sternschaltung. Die 36 Transformatoren haben zusammen eine Leistung von 1700 kVA, sie weisen hier also eine bedeutend höhere Einzelleistung auf als in dem zuerst untersuchten Netzteil. Die Verteilung dieser Transformatoren auf die einzelnen Leistungsstufen zeigt Zahlentafel 5.

Zahlentafel 5.

Schaltung	Y									Δ		
Nennleistung kVA	7,5	10	15	20	25	30	50	75	100	100	125	250
Anzahl der Transformatoren	5	4	1	8	1	5	3	2	2	2	1	2

Zunächst mußte die Symmetrie des Netzes hergestellt werden, und zwar müssen, da die dritten Oberwellen von in Stern und in Dreieck geschalteten Transformatoren aufeinander senkrecht stehen, sowohl die Dreiecktransformatoren als auch die Sterntransformatoren gleichmäßig auf die Netzphasen verteilt werden. Bei den in Dreieck geschalteten Transformatoren führen nur zwei Klemmen eine dritte Oberwelle. Die dritte Klemme, und zwar diejenige, an der die zwei Außenschenkel zusammengeschaltet sind, führt keinen Strom dreifacher Frequenz. Man braucht daher nur auf die gleichmäßige Verteilung dieser Klemme zu achten. Bei neueren Transformatoren, die nach den Schaltgruppen VDE 0532/1934 (R.E.T.) ausgeführt sind, ist dies:

Bei den Schaltgruppen $A_1\,B_1$	oberspannungsseitig die Klemme U
	unterspannungsseitig die Klemme u
bei den Schaltgruppen $A_2\,B_2\,C_1\,D_1$	oberspannungsseitig die Klemme U
bei den Schaltgruppen $C_2\,D_2$	unterspannungsseitig die Klemme w.

Bei älteren Transformatoren muß an Hand des Schaltbildes festgestellt werden, an welcher Klemme die Wicklungen der Außenschenkel miteinander verbunden sind.

Da nur fünf Transformatoren in Dreieckschaltung vorhanden waren, war es natürlich nicht möglich, eine vollkommen gleichmäßige Verteilung auf die drei Phasen des Netzes zu erreichen, aber selbst mit dieser geringen Zahl war dadurch eine weitgehende Symmetrierung möglich, daß bei zwei Transformatoren die Anschlüsse vertauscht wurden (s. Abb. 6). Nach diesen Umschaltungen wiesen die Transformatoren, die mit ihrer Klemme U an die gelbe Phase des Netzes angeschlossen waren, eine Magnetisierungsleistung von 13,1 kVA auf. Demgegenüber betrug die Magnetisierungsleistung 11,7 kVA für die mit ihren Klemmen U an die grüne und 12 kVA für die an die violette Phase angeschlossenen Transformatoren. Außer der Umschaltung dieser zwei in Dreieck geschalteten Transformatoren mußten zur gleichmäßigen Verteilung der in Stern geschalteten Transformatoren noch an einer Stelle des Netzes zwei Transformatoren und an einer anderen Stelle ein Transformator und zwei von dort abgehende Stichleitungen in ihren Anschlüssen vertauscht werden (s. Abb. 6).

Zur Zeit der geringsten Netzbelastung, das war in diesem Fall Sonntag vormittags, wurde nun der Strom im Schalthaus B gemessen. Bei den Messungen ergab sich zunächst ein Oberwellengehalt des Stromes, der nicht zu erklären war. Eine genauere Untersuchung zeigte, daß auf der Niederspannungsseite der Transformatoren des untersuchten Netzteiles Kondensatoren zur Erzeugung von Blindleistung mit einer Leistung von etwa 200 kVA angeschlossen waren. Das Netz nahm demnach zu Zeiten geringer Belastung voreilenden Strom auf, und dieser Strom muß als Kondensatorstrom bereits bei kleinen Oberwellen in der Netzspannung stark verzerrt sein. Eine Untersuchung der Spannungskurve ergab 2 % dritte und 1,2 % fünfte Oberwelle. Rechnet man mit diesen Spannungsverzerrungen die Oberwellenströme aus, die die Kondensatoren aufnehmen müssen, so kommt man auf die tatsächlich gemessenen Werte.

Dieser Fall wurde hier so eingehend behandelt, da er deutlich den Einfluß von Kondensatoren auf die Oberwellenverhältnisse zeigt. Aus den Versuchen geht hervor, daß eine Beseitigung der Oberwellen in einem Netz nicht durch Teilmaßnahmen, sei es durch Aufstellen von einzelnen oberwellenfreien Transformatoren, sei es durch gegenseitigen Ausgleich stern- und dreieckgeschalteter Transformatoren in einzelnen Teilen des Netzes, zu erreichen ist. Die angeschlossenen Kondensatoren ziehen über den Umweg der Spannungsabfälle die Oberwellenströme auf sich, auch wenn diese in größerer Entfernung im Netz entstehen. Da die Summe aller Oberwellen in dem hier untersuchten Fall den Wert von 25 % des Gesamtstromes nicht überschritt, machte sich der Oberwellenstrom weder für das Netz noch für die Kondensatoren störend bemerkbar.

Um zu zeigen, daß die beobachteten Stromverzerrungen tatsächlich von den Kondensatoren herrühren, und der Magnetisierungsstrom der Transformatoren oberwellenfrei geworden ist, wurden in dem untersuchten Netzteil sämtliche Kondensatoren abgeschaltet. Die dann vorgenommene Messung ergab, daß auch dieser Netzteil eine geringe Belastung, in diesem Falle 90 kVA, aufwies. Die Stromkurve, die sich ergab, zeigt die Abb. 7. Die einzige Oberwelle, die auffällt, ist eine mit hoher Ordnungszahl. Es handelt sich um die 17. Oberwelle, die nicht von den Transformatoren, sondern von den Nuten irgendwelcher elektrischer Maschinen herrührt. Sie tritt im Strom so stark hervor, weil das Netz für diese Oberwelle hoher Ordnungszahl eine starke kapazitive Belastung darstellt. Eine entsprechende Oberwelle war auch bereits bei den früheren Prüffeldmessungen aufgetreten[6]). Die Messungen mit dem Oberwellenmeßgerät bestätigen den geringen Oberwellenanteil des Stromes bis zur dreizehnten Oberwelle (Zahlentafel 6).

Abb. 7. Strom im Schalthaus B nach der Umschaltung.

Zahlentafel 6. Zerlegung des Stromes (Abb. 7).

	Gesamtwert	3.	5.	7.	9.	11.	13.
		Oberwelle					
Strom in der Phase „grün“							
Ampere	3,85	0,118	0,053	0,038	0	0,03	0,023
% des Gesamtwertes . .	—	3,1	1,4	1,0	0	0,8	0,6
Strom in der Phase „gelb“							
Ampere	3,88	0,06	0,05	0,04	0	0,02	0,02
% des Gesamtwertes . .	—	1,5	1,3	1,0	0	0,5	0,5
Strom in der Phase „violett“.							
Ampere	4,4	0,128	0,01	0,02	0	0,03	0,02
% des Gesamtwertes . .	—	2,9	0,2	0,5	0	0,7	0,5

Die 17. Oberwelle kann mit dem Gerät unmittelbar nicht gemessen werden; man kann jedoch die Summe aller Oberwellen messen und von dieser Summe die einzeln gemessenen Oberwellen kleiner Ordnungszahl abziehen. Auf diese Weise ergibt sich ein Restbetrag für die höheren Oberwellen von 5 bis 6 %, der fast ausschließlich auf die 17. Oberwelle zurückzuführen sein dürfte.

Da, wie oben erwähnt, eine vollkommen gleichmäßige Verteilung der fünf in Dreieck geschalteten Transformatoren auf die einzelnen Netzphasen nicht möglich war, gelang es auch hier zwar nicht, die dritte Oberwelle vollkommen zum Verschwinden zu bringen, doch wird der Restbetrag von 3 % in der Praxis wohl kaum zu Störungen Anlaß geben. Die fünfte und siebte Oberwelle konnten selbst bei der geringen Zahl der hier am Ausgleich beteiligten Transformatoren auf Werte unter 1,5 % gebracht werden.

Die seit längerer Zeit anhaltende Steigerung des Verbrauchs ergibt für die Überlandwerke die Notwendigkeit.

---

6) Scharstein, Fußnote 3.

Transformatoren größerer Einheiten neu zu beschaffen. Die Ausführung dieser Transformatoren in geeigneter Schaltart bietet die Möglichkeit, den Oberwellenanteil des Netzes ständig zu vermindern, ohne daß wesentliche Mehrkosten entstehen. Jeder dieser neubeschafften Umspanner größerer Leistung vermag die Oberwellen mehrerer der vorhandenen älteren Transformatoren auszugleichen. Bei den Versuchen hat sich gezeigt, daß auch die Umklemmung einzelner Transformatoren oder ganzer Stichleitungen zur gleichmäßigen Verteilung der Umspanner auf die einzelnen Phasen ohne große Schwierigkeit und ohne Beeinträchtigung des Betriebes möglich war. Es besteht somit die Aussicht, auf diesem Wege allmählich zu einem oberwellenfreien Netz zu gelangen.

Zusammenfassung.

Ein Netzteil mit 70 in Stern geschalteten Transformatoren wird untersucht. Im ursprünglichen Zustand weist der Strom bei schwach belastetem Netz starke Oberwellen auf, neben 12 % fünfter und 3,5 % siebter Oberwelle eine dritte Oberwelle von über 17 % in der ungünstigsten Phase. Durch fünf Umschaltungen im Netz konnten die verschiedenen Klemmen der Transformatoren so weit gleichmäßig auf die einzelnen Phasen des Netzes verteilt werden, daß die dritte Oberwelle bis auf einen Rest von etwa 2 % verschwindet. In einem anderen Netzteil waren neben 31 oberspannungsseitig in Stern geschalteten Transformatoren fünf Transformatoren in Dreieckschaltung angeschlossen. In diesem Teil des Netzes ließ sich zeigen, daß nach der Durchführung einiger Umschaltungen zur gleichmäßigen Verteilung der Transformatoren außer der dritten Oberwelle auch die fünfte und siebte auf einen vernachlässigbaren Betrag gesunken war.

Aus den Versuchen geht hervor, daß der gegenseitige Ausgleich der Oberwellen im Magnetisierungsstrom verschieden geschalteter Transformatoren ein für den Netzbetrieb brauchbares Mittel ist, um die Netze auf einfache Weise von ihren Oberwellen zu befreien.

Motoren zum Antrieb von Kolbengasverdichtern großer Leistungen und deren Rückwirkung auf das Netz.

Von H. Raymund VDE, Berlin.

DK 621.34.004.13 : 621.65

Übersicht. Das Verhalten der Asynchron- und Synchronmotoren zum Antrieb großer Kolbengasverdichter im Anlauf und im Lauf mit Nennlast wird behandelt und die Rückwirkung dieser Motoren auf das Netz untersucht*).

Zum Antrieb von Kolbengasverdichtern werden zur Zeit Asynchronmotoren mit Nennleistungen bis zu 2200 kW bei 123 U/min und Synchronmotoren mit Nennleistungen bis zu 6200 kW bei 94 U/min gebaut. An Motoren dieser Größe müssen mit Rücksicht auf die Rückwirkung auf das Netz während des Anlaufes und während des Laufes mit Nennlast hohe Forderungen gestellt werden, insbesondere wenn die Motoren an Netze mit verhältnismäßig kleinen Leistungen angeschlossen werden.

1. Anlaufkennlinien von Asynchron- und Synchronmotoren.

Die Anlaufkennlinien eines Asynchronmotors mit Wirbelstromläufer für unmittelbares Einschalten zeigt Abb. 1. Das Reibungsmoment der Ruhe der Kolbengasverdichter beträgt meistens nicht mehr als das 0,25fache des Nennmomentes. Bei Spannungsabsenkungen im Augenblick des Einschaltens von 30 % der Nennspannung läuft somit der Motor noch einwandfrei an. Unabhängig davon, ob der Umlauf nach der 1. Stufe oder erst nach der letzten Stufe geöffnet ist, oder ob der Gasverdichter gegen offene Schieber hochgefahren werden muß[1] [2]), stets erreicht der Asynchronmotor mit dieser Anlaufkennlinie die Nenndrehzahl.

Im Gegensatz zum Asynchronmotor ist für den Synchronmotor der Verlauf des Verdichtermoments in Abhängigkeit von der Drehzahl von grundlegender Bedeutung. Hier bestimmt das Verdichtermoment in der Nähe der Nenndrehzahl die Bemessung der Käfigwicklung und damit die Größe des Anlaufstromes. Die Anlaufkennlinien von zwei Synchronmotoren verschiedener Ausführung sind in Abb. 2 wiedergegeben. Die Schaulinien *a* wurden durch oszillographische Messungen an einem Synchronmotor für 4000 kW, $\cos \varphi = 0{,}9$ und 125 U/min, dessen Käfigwicklung verhältnismäßig kleinen ohmschen und induktiven Widerstand hat, gewonnen. Die Schaulinien *b* wurden durch Messungen bei Nennspannung an einem Synchronmotor für 3000 kW, $\cos \varphi = 1$ und 125 U/min ermittelt, dessen Käfigwicklung verhältnismäßig großen ohmschen und induktiven Widerstand hat. Beide Motoren sind nicht imstande, den Verdichter gegen offene Schieber hochzufahren. Bei geschlossener Saugleitung — das Leerlaufmoment bei Nenndrehzahl ist hier etwa das 0,6fache des Nennmomen-

a bei offenen Schiebern *b* bei geschlossener Saugleitung
c bei geöffnetem Umlauf nach der 1. Stufe

Abb. 1. Anlaufkennlinien eines Asynchronmotors mit Wirbelstromläufer für Kolbengasverdichter.

*) Nach einem Vortrag, gehalten vor dem VDE-Bezirk Berlin am 18. 10. 1938 (Fachgebiet „Elektromaschinenbau").
[1]) H. Göschel und E. Lampel, Siemens-Z. (1938) S. 365.
[2]) H. Raymund, Siemens-Z. (1938) S. 380.

tes — kann der 4000 kW-Motor bei Nennspannung noch anlaufen. Muß man während der gesamten Anlaufzeit mit großen Spannungsabsenkungen rechnen, so ist auch bei entlastetem Anlauf die Ausführung des Synchronmotors mit einer Anlaufkennlinie entsprechend Schaubild *a* zweckmäßig. Der 4000 kW-Motor läuft bei 70 % der Nennspannung noch an, wenn das Reibungsmoment der Ruhe das 0,25fache und das Leerlaufmoment des Verdichters bei Nenndrehzahl das 0,35fache des Nennmomentes betragen. Normalerweise werden die beim Einschalten des Motors auftretenden größeren Spannungsabsenkungen noch während des Anlaufs ausgeregelt. Steht bis zum Intrittgehen des Motors wieder die Nennspannung zur Verfügung und wird durch die Bemessung der Verdichteranlage dafür gesorgt, daß das Leerlaufmoment des Verdichters bei Nenndrehzahl klein ist, so kann der Synchronmotor unbedenklich für kleinen Anlaufstrom und damit auch kleines asynchrones Moment in der Nähe seiner Nenndrehzahl bemessen werden.

a kleiner ohmscher und induktiver Widerstand
b großer ohmscher und induktiver Widerstand

Abb. 2. Anlaufkennlinien von Synchronmotoren mit verschiedenen Käfigwicklungen.

Abb. 3. Netzleistung und Spannungsabsenkung beim Anlauf eines 4000 kW-Synchronmotors.

2. Rückwirkung der Motoren während des Anlaufs auf das Netz.

Um einen einfachen Überblick über die Rückwirkung der Motoren auf das Netz während des Anlaufs zu erhalten, sollen die das Netz speisenden Generatoren durch e i n e n Generator, dessen Leistung gleich der Netzleistung ist, ersetzt werden. Die Anlaufleistung des 4000 kW-Synchronmotors von 17 500 kVA, $\cos\varphi \approx 0{,}2$ kann ein Generator für 17 000 kVA, $\cos\varphi = 0{,}8$ bei Nennspannung gerade noch liefern, wenn seine Erregungsfähigkeit den Forderungen der R.E.M. entspricht und wenn keine Vorbelastung vorhanden ist. Bei größerer Erregungsfähigkeit ist auch eine gewisse Vorbelastung möglich. Den Zusammenhang zwischen der Generatornennleistung und der möglichen Vorbelastung des Generators bei einer Anlaufleistung von 17 500 kVA, $\cos\varphi = 0{,}2$ gibt Abb. 3 für verschiedene Erregungsfähigkeiten N_{max}/N_n wieder. Die Generatornennleistung ist hier auf die Nennleistung des 4000 kW-Synchronmotors bezogen. Die höchstmögliche Vorbelastung, dargestellt durch die gestrichelte Kennlinie, ist gleich der Differenz aus Generatornennleistung und Motornennleistung. Sie wird bei dem 17 000 kVA-Generator bei einer Erregungsfähigkeit $N_{max}/N_n = 1{,}75$ praktisch erreicht. Der hierdurch bedingte Regelbereich der Erregermaschine ist bei normalen Turbogeneratoren mit selbsterregter Erregermaschine noch ausführbar.

Niederdruckseite

Hochdruckseite

resultierendes Diagramm bei einer Kurbelversetzung von 270°

Abb. 4. Drehkraftdiagramm eines zweikurbeligen Kolbengasverdichters.

Die mit der plötzlichen Belastungsänderung verbundene plötzliche Spannungsänderung entspricht der Änderung der Streuspannung des Generators. So ergibt sich z. B. beim Schalten des 4000 kW-Synchronmotors auf den leerlaufenden 17 000 kVA-Generator mit einer Streuspannung von 15 % der Nennspannung eine augenblickliche Spannungsabsenkung von 14 % der Nennspannung. Beim Schalten des Motors auf vorbelastete Generatoren ist die augenblicklich auftretende Spannungsabsenkung um etwa 1 bis 2 % der Nennspannung geringer als beim Schalten auf leerlaufende Generatoren.

Die während des Regelvorganges infolge der magnetischen Trägheit des Generators und der Erregermaschine

auftretende zusätzliche Spannungsabsenkung beträgt bei Turbogeneratoren normaler Bauart mit selbsterregter Erregermaschine und Schnellregelung bis zum maximalen Erregerstrom etwa 1 bis 2 % der Nennspannung. Die während des Regelvorganges auftretende maximale Spannungsabsenkung des vorbelasteten Generators ist damit praktisch gleich der Spannungsabsenkung, die beim Schalten des Motors auf den leerlaufenden Generator augenblicklich auftritt.

Für den Fall, daß zwischen den Sammelschienen und den Motorklemmen Schutzdrosseln eingebaut sind, die bei Nennstrom einen induktiven Spannungsabfall von 3 % der Nennspannung verursachen und die Streuspannung des Generators 15 % der Nennspannung beträgt, ergibt sich die in Abb. 3 ebenfalls dargestellte maximale Spannungsabsenkung an den Motorklemmen. Sie beträgt beim Schalten des 4000 kW-Synchronmotors auf den 17 000 kVA-Generator etwa 23 % der Nennspannung. Auch bei dieser Spannungsabsenkung läuft der 4000 kW-Synchronmotor noch an.

Abb. 5. Wirkleistungsaufnahme eines Synchronmotors für Kolbengasverdichter bei Nennlast.

Ist mit Rücksicht auf das Netz eine wesentliche Verringerung der Anlaufleistung erforderlich, so können die Motoren mit Teilspannung oder auch nach dem Teilwicklungsverfahren angelassen werden. Hierdurch läßt sich der Anlaufstrom auf den etwa zweifachen Nennstrom verringern[3]).

3. Rückwirkung der Motoren auf das Netz während des Laufs mit Nennlast.

Das periodisch veränderliche Drehmoment des Kolbengasverdichters führt zu einer periodisch veränderlichen Stromaufnahme des Motors und damit zu Spannungsschwankungen im Netz. Um diese klein zu halten, müssen die Stromschwankungen begrenzt werden. Vorschriften über deren zulässige Größe enthalten zur Zeit nur die amerikanischen Normen. Hiernach sind bei Synchronmotoren zum Antrieb von Kolbengasverdichtern Stromschwankungen bis zu 66 % des Nennstromes zulässig. Meist wird man die Stromschwankungen kleiner halten, insbesondere wenn die Motoren an Netze verhältnismäßig kleiner Leistung angeschlossen werden.

a. Die Stromschwankungen des Synchronmotors im Lauf mit Nennlast.

Im Interesse des Läufergewichtes wird man bemüht sein, die zulässigen Stromschwankungen mit einem möglichst kleinen Schwungmoment einzuhalten. Mit dem Asynchronmotor als Antriebsmaschine ist diese Forderung im allgemeinen leichter einzuhalten als mit dem Synchronmotor, da dieser infolge seines Eigentaktes einzelne Harmonische des Drehkraftdiagramms verstärkt. Die Eigenschwingungszahl der Synchronmotoren zum Antrieb von Kolbengasverdichtern beträgt meistens das 0,8- bis 0,6fache der Nenndrehzahl. Hiermit ist der Verstärkungsfaktor[3]) der 1. Harmonischen verhältnismäßig groß. Mit zunehmenden Ordnungszahlen nehmen die Verstärkungsfaktoren rasch ab.

[3]) Siehe Fußnote 2.

Für einen ausgeführten Gasverdichter großer Leistung sind die Drehkraftdiagramme der Niederdruck- und der Hochdruckseite in Abb. 4 dargestellt. Die mittlere Drehkraft der Niederdruckseite ist etwa 10 % kleiner als die der Hochdruckseite. Die Harmonischen bis zur 3. Oberwelle sind eingezeichnet. Das günstigste resultierende Drehkraftdiagramm erhält man, wenn die Kurbel der Niederdruckseite der Kurbel der Hochdruckseite um 270 ° vorauseilt. Hier ist der Höchstwert der 1. Harmonischen nur das 0,11fache der mittleren Drehkraft. Praktisch gleich groß ist der Höchstwert der 2. Harmonischen.

Abb. 6. Höchstwerte der Harmonischen des Drehkraftdiagramms und Stromschwankungen eines Synchronmotors bei verschiedenen Kurbelversetzungen des Verdichters.

Bei Vernachlässigung der Dämpfung haben die Harmonischen der Wirkleistungsaufnahme des Motors dieselbe Lage zueinander wie die des resultierenden Drehkraftdiagramms, ihre Größe jedoch wird durch den Eigentakt des Synchronmotors entsprechend den Verstärkungsfaktoren geändert. So ergibt sich z. B. bei einer Eigenschwingungszahl $n_{ei} = 0{,}8\,n$ die in Abb. 5 dargestellte Wirkleistungsaufnahme des Motors in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel. Die 2. Harmonische ist hier schon ohne praktische Bedeutung. Die den Wirkleistungsschwankungen entsprechenden Stromschwankungen ermittelt man mit Hilfe des Vektordiagramms des Motors[3]). Der Höchstwert der Stromschwankungen ist hier bei der Nennlast und $\cos\varphi = 0{,}9$ entsprechenden Erregung gleich dem 0,36fachen Nennstrom.

a Erregung für Nennlast, $\cos\varphi = 0{,}9$
b „ „ „ $\cos\varphi = 1$

Abb. 7. Schwungmoment und Stromschwankungen eines Synchronmotors für Kolbengasverdichter.

Wie weit man allein durch die Änderung der Kurbelversetzung die Größe der Stromschwankungen beeinflussen kann, zeigt Abb. 6. Die Stromschwankungen bei der ungünstigsten Kurbelversetzung von 0° sind das etwa 2,2fache der Stromschwankungen, die bei der günstigsten Kurbelversetzung von 270° auftreten. Im gleichen Bild sind auch die Höchstwerte der Harmonischen des resultierenden Drehkraftdiagramms bis zur 3. Oberwelle eingetragen. Der Vergleich mit den Stromschwankungen zeigt die überragende Bedeutung der 1. Harmonischen auf die Größe der Stromschwankungen.

Abb. 8. Wirkleistungsaufnahme eines Asynchronmotors für Kolbengasverdichter bei Nennlast.

Da bei der Eigenschwingungszahl $n_{ei} = 0{,}8\,n$ der Verstärkungsfaktor der 1. Harmonischen verhältnismäßig groß ist, führt eine Verringerung der Eigenschwingungszahl durch Vergrößerung des Schwungmomentes oder durch Schwächung der Erregung zu einer beachtlichen Verringerung der Stromschwankungen (Abb. 7). Die Änderung der Erregung entsprechend dem Rückgang von Nennlast und $\cos\varphi = 0{,}9$ auf Nennlast und $\cos\varphi = 1$ ist hinsichtlich der Wirkung auf die Größe der Stromschwankungen gleichwertig einer Vergrößerung des Schwungmomentes um 20 %.

b. Die Stromschwankungen des Asynchronmotors im Lauf mit Nennlast.

Der Asynchronmotor hat ein grundsätzlich anderes Verhalten im Lauf als der Syonchronmotor. Bei diesem wird der veränderliche Teil des Drehmomentes teilweise

Abb. 9. Schwungmoment und Stromschwankungen eines Asynchron- und Synchronmotors für Kolbengasverdichter.

vom Netz, teilweise von den Schwungmassen gedeckt. Ein Verstärkungsfaktor über 1 ist infolge Fehlens des synchronisierenden Momentes nicht möglich. Auch die Stromschwankungen des Asynchronmotors haben bei einer Kurbelversetzung von 270° ein Minimum. Den Verlauf der Wirkleistungsaufnahme des Motors in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel bei dieser Kurbelversetzung und einem Schwungmoment, das beim Synchronmotor der Eigenschwingungszahl $n_{ei} = 0{,}8\,n$ entspricht, zeigt Abb. 8. Der Höchstwert der 2. Harmonischen ist hier nur wenig kleiner als der der 1. Harmonischen. Die zugeordneten Stromschwankungen ergeben sich aus dem Kreisdiagramm. Der Höchstwert der Stromschwankungen des Asynchronmotors ist hier gleich dem 0,23fachen Nennstrom gegenüber dem 0,36fachen Nennstrom beim Synchronmotor.

Wie groß bei prozentual gleichen Stromschwankungen die Ersparnis an Schwungmoment beim Asynchronmotor gegenüber dem Synchronmotor ist, zeigt Abb. 9. Auch in dem Gebiet des Schwungmomentes, in dem der Synchronmotor wegen der Resonanznähe überhaupt nicht mehr laufen kann, sind die Stromschwankungen des Asynchronmotors noch verhältnismäßig gering.

Den Einfluß der Kurbelversetzung auf die Größe der Stromschwankungen des Asynchronmotors zeigt Abb. 10. Sie sind größer als die des Synchronmotors mit gleichem Schwungmoment bei den Kurbelversetzungen, die zu einer starken 2. Harmonischen im resultierenden Drehkraftdiagramm führen.

Abb. 10. Höchstwerte der Stromschwankungen eines Asynchron- und Synchronmotors bei verschiedenen Kurbelversetzungen des Verdichters.

Ein außerordentlich wirksames Mittel, das Schwungmoment des Asynchronmotors bei gleichen Stromschwankungen noch weiter zu verkleinern, ist die Vergrößerung des Nennschlupfes. Bleibt bei der Änderung das Produkt aus Schwungmoment und Nennschlupf konstant, so bleiben auch die Stromschwankungen die gleichen. Die Vergrößerung des Nennschlupfes führt zu einer Vergrößerung der Läuferkupferverluste, die jedoch infolge der guten Kühlverhältnisse für die Läuferstäbe meist noch zulässig sein wird.

Zusammenfassung.

Während es bei Antriebsleistungen bis zu 2200 kW in den meisten Fällen noch möglich war, die einfachste Antriebsmaschine, den Asynchronmotor mit Wirbelstromläufer für unmittelbares Einschalten, zu wählen, führten bei größeren Antriebsleistungen die Netzverhältnisse bisher zum Synchronmotor. Hier ist mit dem 4000 kW-Motor ein Modell geschaffen worden, das auch bei den ungünstigsten Netzverhältnissen bei unmittelbarem Einschalten noch anläuft. Motoren noch größerer Leistung, wie z. B. der 6200 kW-Synchronmotor, werden mit Rücksicht auf ihre Rückwirkung auf das Netz während des Anlaufs mit Teilspannung oder auch nach dem Teilwicklungsverfahren angelassen. Durch sorgfältige Planung des Kolbengasverdichters gelingt es, auch bei Motoren großer Leistungen die Stromschwankungen im Lauf mit verhältnismäßig kleinen Schwungmomenten so niedrig zu halten, daß deren Rückwirkung auf die Netzspannung vernachlässigbar gering ist.

Die Elektrotechnik auf der Internationalen Automobil- und Motorrad-Ausstellung, Berlin 1939.

Von H. Hasse VDE, Berlin.

DK 629.113(061.4)

Übersicht. Elektrotechnische Geräte sind von jeher unentbehrliche Bestandteile des Automobiles. Ihr Einsatz wurde immer umfangreicher. Auch Neuanwendungen der Elektrotechnik, wie der Auto-Rundfunkempfang, konnten in den letzten Jahren vermerkt werden. Von Neuerungen und Verbesserungen elektrotechnischer Geräte, soweit sie auf der Automobilausstellung zu sehen waren, soll hier berichtet werden. Vorher wird auf die elektrisch angetriebenen Fahrzeuge eingegangen.

Elektrisch angetriebene Fahrzeuge.

Bei der Bemessung akkumulator-elektrisch angetriebener Fahrzeuge kommt es darauf an, die im Sammler zur Verfügung stehende Energie, mit einem möglichst hohen Wirkungsgrad als Drehmoment, an den Antriebsrädern zur Verfügung zu haben. Verluste entstehen hauptsächlich beim Anfahren. Die Bergmann - Elektrizitäts-AG. verwendet deshalb bei allen Elektrowagen den Doppelkommutator-Gleichstrommotor. Er gestattet durch Hintereinander- bzw. durch Parallelschalten der Anker- und Feldwicklungen ein fast verlustloses Anfahren. Beim Elektrofahrzeug ist die Kapazität der Batterie wesentlich für den Fahrbereich des Wagens. Bergmann gibt z. B. für seinen 1,5 t-Wagen einen Fahrbereich von 65 km mit einer Batterieladung an. Die 40zellige Batterie hat bei einem Gewicht von 670 kg 200 Ah. Die Nutzlast beträgt 1500 kg. Für den Fahrbereich ist ferner die Beharrungsgeschwindigkeit wesentlich. Bergmann läßt bei den schwereren Elektrowagen eine Geschwindigkeit über 20 km/h nicht mehr zu. Diese genügt für den Stadtverkehr vollständig, insbesondere für die Verwendungszwecke des Elektrowagens, den Verkehr mit sehr kurzer Haltestellenentfernung, wie er z. B. beim Brauereibetrieb üblich ist.

Abb. 1. Fahrgestell des Norm-Obus I mit eingebauter elektrischer Ausrüstung. Vorn neben dem Lenkrad sind die Widerstände zu sehen, darüber wird die Feinregler-Steuerung angebracht.

Auch Carl F. W. Borgward, Bremen, die ein Fahrgestell eines Elektrowagens ausgestellt hatten, verfolgen diese Richtlinie.

Wesentlich ist, daß das tote Gewicht der Elektrowagen noch mehr als bisher herabgesetzt wird. Bei den geringen Geschwindigkeiten, die ein elektrisch angetriebener Wagen erreicht, ist, roh ausgedrückt, der Fahrbereich umgekehrt proportional dem Gewicht des Wagens. Es ließe sich also hier durch Leichtbau sicher noch mehr als bisher erreichen.

Während bei den Straßenfahrzeugen, wie sie die Elektrowagen darstellen, die Wirtschaftlichkeit von der Art des Betriebes abhängig ist, ist der Elektrokarren umgekehrt ein wesentlicher Faktor für die Wirtschaftlichkeit eines Fabrikbetriebes. Die Anwendungsmöglichkeiten des Elektrokarrens sind allgemein bekannt[1]), als daß hierauf näher eingegangen zu werden braucht. Allgemein wird für den Tragkarren der Einmotorenantrieb bevorzugt, für den Schlepper der Viermotorenantrieb, da hier das Reibungsgewicht eine wichtige Rolle spielt.

Für explosionsgefährdete Betriebe sind in letzter Zeit[2]) entsprechende Elektrokarren entwickelt worden. So zeigte die Bleichert Transportanlagen - G. m. b. H., Leipzig, u. a. einen 5 t-Tank-Elektrokarren für Öl- und Brennstofftransport. Der besonders für Flughäfen geeignete Elektrokarren mit gelenkter Antriebsachse ist mit einer Batterie mit 200 Ah ausgerüstet. Die beiden Motoren von je 2,2 kW verleihen dem Fahrzeug eine Geschwindigkeit von 13 km/h. Außer diesen beiden Motoren wird von der Batterie noch eine selbstansaugende Kreiselbrennstoffpumpe mit 2,2 kW angetrieben, die 200 l/min fördern kann. Der Fahrbereich mit einer Batterieladung ist deshalb nicht so groß wie bei Straßenfahrzeugen, er beträgt rd. 21 km. Die Batterie ist als Standtrog ausgebildet und ist über der Lenkachse angeordnet und durch eine Stahlhaube abgedeckt. Die Plattformhöhe über Flur beträgt 330 mm, der kleinste Innenlenkhalbmesser 1150 mm und der Umkehrkreis 7600 mm.

Die Brown, Boveri & Cie. AG. zeigte das von der MAN hergestellte Fahrgestell eines Obus. Es ist ein genormtes Fahrgestell[3]), wobei sich die Normung nur auf den mechanischen Teil bezieht. Die elektrische Ausrüstung besteht hauptsächlich aus einem Doppelkommutator-Gleichstrommotor und Feinstufensteuerwerk für Reihen- und Parallelschaltung beider Motorwicklungen[4]). Die Abb. 1 zeigt die Anordnung der elektrischen Ausrüstung und die niedrige Ramenhöhe des Fahrgestells. Für den hier ausgestellten Norm-Obus I wird ein selbstlüftender Motor mit einer Stundenleistung von 60 kW bei 550 V und 1600 U/min genommen; die Dauerleistung beträgt 46,5 kW bei 1760 U/min. Für den großen Norm-Obus II sind die entsprechenden Daten 85 kW und 67 kW. Als wesentliche Neuerung sei auf den Einstangen-Stromabnehmer mit zweipoligem Kopf hingewiesen, den BBC erstmalig herausgebracht hat. Einen solchen Norm-Obus II mit Doppelkommutatormotor von 85 kW und doppelpoligem Einstangen-Stromabnehmer zeigt die Abb. 2.

---

[1]) G. Lucas, ETZ 57 (1936) S. 169 u. 272; C. Zahn, ETZ 59 (1938) S. 717.
[2]) F. Roesner, ETZ 60 (1939) H. 10, S. 299.
[3]) ETZ 59 (1938) S. 529, Abb.1.
[4]) H. Hermle u. H. Balke, ETZ 60 (1939) H. 13, S. 391.

Rundfunkempfang im Kraftwagen.

Einige bekannte Gerätehersteller für Rundfunk warteten auch in diesem Jahr mit neuen bzw. verbesserten Geräten auf. Die Anforderungen, die an den Autoempfänger gestellt werden, sind ungleich höher als beim Heimempfänger. Bei höherer Empfindlichkeit, weitgehendem Schwundausgleich, bei größerer Lautstärke, geringerem Stromverbrauch und gesteigerter Trennschärfe muß der Autoempfänger möglichst kleine Abmessungen besitzen. Diese Forderungen werden von allen auf der Autoausstellung gezeigten Geräten erfüllt. Es ist selbstverständlich, daß die besonderen Anforderungen auch besondere Maßnahmen und Aufwendungen zur Folge haben.

Durchweg wurde die Superhetschaltung angewendet, wobei von drei Firmen Metallröhren und nur von Philips rote Röhren genommen wurden.

Abb. 2. Der Norm-Obus II mit doppelpoligem Einstangen-Stromabnehmer in Zwickau.

Der neue Autosuper 7 A 79 der Blaupunkt-Werke G. m. b. H. hat den Empfänger und den Lautsprecher in einem Gerät vereinigt. Die Außenabmessungen sind 170 · 290 · 167 mm; für Omnibusse kann der Lautsprecher getrennt von dem Empfängerteil aufgestellt werden, letzterer wird dann etwa 10 mm in der Höhe kleiner. Das Gerät hat, wie alle auf der Ausstellung gezeigten Geräte, nur Mittel- und Langwellenbereich, die beim Blaupunkt-Empfänger sich selbsttätig nacheinander durch Drehen am Einstellknopf einstellen. Für die Einschaltung des Gerätes und die Lautstärkeregelung ist ein weiterer Knopf vorgesehen, so daß am Bedienungsteil nur zwei Knöpfe notwendig werden. Der Stromverbrauch stellt sich auf rd 25 W.

Bei dem Körting-Super werden der Emfänger und der Lautsprecher stets getrennt angebracht. Durch diese Trennung war es möglich, dem Empfängerteil die geringen Abmessungen von 110 · 330 · 140 mm zu geben. Reicht dieser verhältnismäßig geringe Raumbedarf für den Einbau noch nicht aus, so kann der Stromumrichterteil vom Empfängerteil abgenommen werden; die Breite verringert sich hierbei von 330 auf 220 mm. Die Schwundregelspannung wirkt auf vier Verstärkerröhren, so daß die verschiedenen Sender mit nahezu derselben Lautstärke wiedergegeben werden. Vollkommene Abschirmung und besondere Störschutzfilter sind vorgesehen, um auf jeden Fall Störungen fernzuhalten.

Die Deutsche Philipsgesellschaft stellte einen Sechskreis-Vierröhren-Superhet aus, bei dem der permanentdynamische Lautsprecher im Empfängergehäuse untergebracht ist. Die Abmessungen sind dementsprechend 215 · 175 · 185 mm. Die Gleichrichterröhre konnte hier fortfallen, da ein Synchronwechselrichter verwendet wurde, der den der Batterie entnommenen Gleichstrom in Wechselstrom umwandelt, ihn auf 250 V transformiert und ihn dann wieder gleichrichtet (Abb. 3). Beim Einschalten des

Abb. 3. Schaltung des Synchronwechselrichters.

Gerätes, also beim Anschluß der Klemmen *E* und *F* an die Batterie, zieht der Magnet S_3 einen Kontaktarm an und schließt die Kontakte *A* und *C*. In der Spule S_1 fließt ein Strom, der einen Strom in der entgegengesetzten Richtung und entsprechend dem Übersetzungsverhältnis mit höherer Spannung in der Spule S_2 induziert. Da der Kontakt *H* unterbrochen ist, fällt der Kontaktarm zurück und schließt die Kontakte *D* und *B*. Der Vorgang wiederholt sich in den anderen Hälften der Spulen S_1 und S_2, so daß an der Mittelanzapfung *G* ein Gleichstrom mit der gewünschten Spannung zur Verfügung steht. Das Gerät ist trotz der geringen Röhrenzahl sehr empfindlich. Eine große Trennschärfe wird durch zwei Zwischenfrequenzfilter und durch einen Zweifach-Drehkondensator für die Vorselektion und für den Oszillator erreicht. Der Stromverbrauch ist, wie auch bei den anderen besprochenen Geräten, nicht höher als 25 W.

Die sieben Kreise des neuen Telefunken-Super mit Stahlröhren teilen sich auf in: Eingangskreis, Zwischenfrequenzkreis, Oszillator und zwei zweikreisige Bandfilter. Das Gerät hat auch nur Zweiknopfbedienung, die Skalenbeleuchtung ist mit der Instrumentenbrettbeleuchtung gekuppelt.

Schwierig ist immer noch die Antennenfrage. Verschiedene Automobilfabriken gehen bereits dazu über, durch Isolierung der Dächer vom übrigen Karosseriemetall eine Antenne zu schaffen. Telefunken hat teleskopartige Stabantennen entwickelt, die seitlich an der Windschutzscheibe bzw. oben an dem Dach des Automobiles angebracht werden. Man kann auch die Antenne unter dem Wagen anbringen; doch haben die seitlich bzw. auf dem Dach angebrachten Stabantennen den Vorteil der größeren Störfreiheit.

Kraftfahrzeug-Zubehörteile.

Ein schon voriges Jahr gezeigtes elektromagnetisches Getriebe der Zahnradfabrik Friedrichshafen ist in diesem Jahr in verbesserter und erweiterter Form (6. Gang) auf der Ausstellung zu sehen gewesen. Das in der Abb. 4 wiedergegebene Getriebe hat fünf Elektromagnete mit den dazugehörigen Schleifringen. Geschaltet wird vom Steuerrad aus mit Hilfe eines kleinen Hebelschalters. Für die Betätigung der elektromagnetischen Mehrscheibenkupplungen muß von der Batterie eine Leistung von 15 W bei einer und von 30 W bei Eingriff von zwei Kupplungen zur Verfügung gestellt werden, wobei zu beachten ist, daß diese Leistung bzw. der entsprechende Verbrauch natürlich so lange vorhanden ist wie gefahren wird. Beim Start des Wagens und beim Schalten der unteren Gänge muß die mechanische Kupplung betätigt werden, bei den oberen Gängen ist dies nicht mehr unbedingt notwendig.

Beim Schalten nach abwärts ist die Betätigung der mechanischen Kupplung überflüssig; dies geschieht also durch einfaches Schalten des Handhebels am Steuerrad.

Zum Messen des Tankinhalts beim Auto hat die P & S Tachometer-Gesellschaft ein Gerät geschaffen, das den Brennstoffspiegel im Tank an einem am Armaturenbrett anzubringenden Anzeigegerät angibt. Ein Schwimmer im Tank ändert je nach der Höhe des Brennstoffspiegels seine Lage und dadurch einen Widerstand, und damit den Ausschlag des Strommessers am Armaturenbrett.

Abb. 4. Elektromagnetisches Getriebe.

Bei einer Rundfunk-Empfangsanlage im Auto müssen alle funkengebenden Geräte abgeschirmt werden. Bei der Zündkerze macht dies Bosch so wie in Abb. 5 angegeben. Die Zündkerze ist metallisch umhüllt; der Isolator ist vollständig gekapselt und gasdicht im Kerzengehäuse angebracht. Außerdem sind diese Kerzen auch vollständig wasserdicht.

Sehr viel Kleinarbeit ist aufgewendet worden, um Werkstoffe zu sparen. So hat z. B. das Beru-Werk in Ludwigsburg neue Kabelschuhe herausgebracht, die nicht nur Werkstoff sparen, sondern auch sehr einfach zu montieren sind: Die Kabelseele wird rd. 12 mm freigelegt und in vier Bündeln über das Gummikabel zurückgeschlagen, die Hülse des Kabelschuhes wird sodann darüber geschoben, wobei die in der Hülse angebrachten Widerhaken den Kabelschuh festhalten.

Abb. 5. Abgeschirmte und wasserdichte Zündkerze.

Einen selbsttätig zurückgehenden Winker hat Andreas Veigel, Stuttgart-Bad Cannstatt, geschaffen. Wie Abb. 6 erkennen läßt, sind die beiden Winker rechts und links wie üblich über den Schalter an den Pluspol der Batterie angeschlossen. Nach dem Einschalten eines Winkers wird durch eine in der Abb. 6 nicht gezeichnete Feder der Schalter wieder in die Nullage zurückgezogen; dieser Vorgang wird aber durch den vom Tachometer aus gesteuerten Magneten m über ein Räderwerk mit Ankergang verzögert. Ein Kontaktgeber im Tachometer gibt abhängig vom zurückgelegten Weg Stromstöße, die entsprechende Hübe beim Magneten bewirken.

Eine andere Firma zeigt auf der Ausstellung einen elektrisch betätigten, schwingend angeordneten Winker, der auch einen Anschluß für eine Blinkvorrichtung im Kontrollschalter besitzt.

Die Meteor KG. in Essen ging mit der Neukonstruktion ihres Hauptscheinwerfers besondere Wege. Der Hauptfaden einer Zweifaden-Glühbirne schafft ein Fernlicht von etwa 350 m, während der zweite Faden ein blendfreies Nahlicht mit einer Reichweite von etwa 110 m gibt. Erreicht wird diese Wirkung durch Krümmung und Abbiegung des Lichtkegels durch die Konvexreflektion. Auf die besondere Einrichtung eines Fliegerlichtes für Verdunklungen sei hingewiesen.

Der Hauptscheinwerfer der Nowa-Technik G. m. b. H., der schon an dieser Stelle beschrieben wurde[5]), hat einige Verbesserungen erfahren. Hier wird ein Ellipsoidspiegel verwendet, der eine größere Menge des vom Glühfaden emittierten Lichtes erfaßt und für die Fahrbahn nutzbar macht.

Die Nummernschilder sind bei Dunkelheit oft schlecht beleuchtet und daher schwer zu erkennen. Herm. Riemann, Chemnitz, hat deshalb ein Transparent-Nummernschild konstruiert, das durch zwei Soffittenlampen in Verbindung mit einem innen emaillierten Blechgehäuse eine mit Nummern versehene Mattglasscheibe gleichmäßig ausleuchtet.

Auf eine interessante Konstruktion der Firma F. F. A. Schulze, Berlin N 54, sei kurz hingewiesen. Der Gütertransport mit großen Lastkraftwagen während der Nacht nimmt immer mehr zu und damit die Gefahr für entgegenkommende Fahrzeuge, deren Fahrer die einzelnen Fahrzeugleuchten und damit die Fahrzeuge selbst nicht voneinander unterscheiden können. Um das Profil des entgegenkommenden Lastwagens sofort zu erkennen, wurde ein Leuchtstab neu geschaffen, der seitlich auf den Stoßstangen oder sonst an einer geeigneten Stelle des Wagens angebracht werden kann. Der Leuchtstab gibt ein stabförmiges senkrechtes Licht ab und läßt den breiten Lastkraftwagen sofort als solchen erkennen.

Abb. 6. Schaltanordnung des selbsttätig zurückgehenden Winkers.

Einige Firmen hatten wiederum Reifenkontroller gezeigt, die darauf beruhen, daß mit einem am Untergestell angebrachten Fühler ein elektrischer Kontakt beim Absinken des Reifens betätigt wird und damit ein Stromkreis mit Glühlampe oder Alarmsignal geschlossen wird. Die Argomat-Reifenschutzanlage von Maehler & Kaege, Ingelheim am Rhein, ist als Ruhestromanlage gebaut (Abb. 7). Sind die Reifen gefüllt, und ist sonst die Anlage in Ordnung, so leuchtet die grüne Birne L. Ist der Stromkreis durch Abbiegen eines Fühlers F oder durch Drahtbruch unterbrochen, so fällt der Anker des Magneten ab und setzt gleichzeitig eine Alarmglocke in Tätigkeit. Beim Fahren ohne Anhänger wird der Kontakt A selbsttätig mit Masse verbunden.

[5]) ETZ 57 (1936) S. 277.

Zunächst mußte die Symmetrie des Netzes hergestellt werden, und zwar müssen, da die dritten Oberwellen von in Stern und in Dreieck geschalteten Transformatoren aufeinander senkrecht stehen, sowohl die Dreiecktransformatoren als auch die Sterntransformatoren gleichmäßig auf die Netzphasen verteilt werden. Bei den in Dreieck geschalteten Transformatoren führen nur zwei Klemmen eine dritte Oberwelle. Die dritte Klemme, und zwar diejenige, an der die zwei Außenschenkel zusammengeschaltet sind, führt keinen Strom dreifacher Frequenz. Man braucht daher nur auf die gleichmäßige Verteilung dieser Klemme zu achten. Bei neueren Transformatoren, die nach den Schaltgruppen VDE 0532/1934 (R.E.T.) ausgeführt sind, ist dies:

Bei den Schaltgruppen $A_1\,B_1$	oberspannungsseitig die Klemme U
	unterspannungsseitig die Klemme u
bei den Schaltgruppen $A_3\,B_3\,C_1\,D_1$	oberspannungsseitig die Klemme U
bei den Schaltgruppen $C_2\,D_2$	unterspannungsseitig die Klemme w.

Bei älteren Transformatoren muß an Hand des Schaltbildes festgestellt werden, an welcher Klemme die Wicklungen der Außenschenkel miteinander verbunden sind.

Da nur fünf Transformatoren in Dreieckschaltung vorhanden waren, war es natürlich nicht möglich, eine vollkommen gleichmäßige Verteilung auf die drei Phasen des Netzes zu erreichen, aber selbst mit dieser geringen Zahl war dadurch eine weitgehende Symmetrierung möglich, daß bei zwei Transformatoren die Anschlüsse vertauscht wurden (s. Abb. 6). Nach diesen Umschaltungen wiesen die Transformatoren, die mit ihrer Klemme U an die gelbe Phase des Netzes angeschlossen waren, eine Magnetisierungsleistung von 13,1 kVA auf. Demgegenüber betrug die Magnetisierungsleistung 11,7 kVA für die mit ihren Klemmen U an die grüne und 12 kVA für die an die violette Phase angeschlossenen Transformatoren. Außer der Umschaltung dieser zwei in Dreieck geschalteten Transformatoren mußten zur gleichmäßigen Verteilung der in Stern geschalteten Transformatoren noch an einer Stelle des Netzes zwei Transformatoren und an einer anderen Stelle ein Transformator und zwei von dort abgehende Stichleitungen in ihren Anschlüssen vertauscht werden (s. Abb. 6).

Zur Zeit der geringsten Netzbelastung, das war in diesem Fall Sonntag vormittags, wurde nun der Strom im Schalthaus B gemessen. Bei den Messungen ergab sich zunächst ein Oberwellengehalt des Stromes, der nicht zu erklären war. Eine genauere Untersuchung zeigte, daß auf der Niederspannungsseite der Transformatoren des untersuchten Netzteiles Kondensatoren zur Erzeugung von Blindleistung mit einer Leistung von etwa 200 kVA angeschlossen waren. Das Netz nahm demnach zu Zeiten geringer Belastung voreilenden Strom auf, und dieser Strom muß als Kondensatorstrom bereits bei kleinen Oberwellen in der Netzspannung stark verzerrt sein. Eine Untersuchung der Spannungskurve ergab 2 % dritte und 1,2 % fünfte Oberwelle. Rechnet man mit diesen Spannungsverzerrungen die Oberwellenströme aus, die die Kondensatoren aufnehmen müssen, so kommt man auf die tatsächlich gemessenen Werte.

Dieser Fall wurde hier so eingehend behandelt, da er deutlich den Einfluß von Kondensatoren auf die Oberwellenverhältnisse zeigt. Aus den Versuchen geht hervor, daß eine Beseitigung der Oberwellen in einem Netz nicht durch Teilmaßnahmen, sei es durch Aufstellen von einzelnen oberwellenfreien Transformatoren, sei es durch gegenseitigen Ausgleich stern- und dreieckgeschalteter Transformatoren in einzelnen Teilen des Netzes, zu erreichen ist. Die angeschlossenen Kondensatoren ziehen über den Umweg der Spannungsabfälle die Oberwellenströme auf sich, auch wenn diese in größerer Entfernung im Netz entstehen. Da die Summe aller Oberwellen in dem hier untersuchten Fall den Wert von 25 % des Gesamtstromes nicht überschritt, machte sich der Oberwellenstrom weder für das Netz noch für die Kondensatoren störend bemerkbar.

Um zu zeigen, daß die beobachteten Stromverzerrungen tatsächlich von den Kondensatoren herrühren, und der Magnetisierungsstrom der Transformatoren oberwellenfrei geworden ist, wurden in dem untersuchten Netzteil sämtliche Kondensatoren abgeschaltet. Die dann vorgenommene Messung ergab, daß auch dieser Netzteil eine geringe Belastung, in diesem Falle 90 kVA, aufwies. Die Stromkurve, die sich ergab, zeigt die Abb. 7. Die einzige Oberwelle, die auffällt, ist eine mit hoher Ordnungszahl. Es handelt sich um die 17. Oberwelle, die nicht von den Transformatoren, sondern von den Nuten irgendwelcher elektrischer Maschinen herrührt. Sie tritt im Strom so stark hervor, weil das Netz für diese Oberwelle hoher Ordnungszahl eine starke kapazitive Belastung darstellt. Eine entsprechende Oberwelle war auch bereits bei den früheren Prüffeldmessungen aufgetreten[6]). Die Messungen mit dem Oberwellenmeßgerät bestätigen den geringen Oberwellenanteil des Stromes bis zur dreizehnten Oberwelle (Zahlentafel 6).

Abb. 7. Strom im Schalthaus B nach der Umschaltung.

Zahlentafel 6. Zerlegung des Stromes (Abb. 7).

	Gesamtwert	3.	5.	7.	9.	11.	13.
		Oberwelle					
Strom in der Phase „grün"							
Ampere	3,85	0,118	0,053	0,038	0	0,03	0,023
% des Gesamtwertes . .	—	3,1	1,4	1,0	0	0,8	0,6
Strom in der Phase „gelb"							
Ampere	3,88	0,06	0,05	0,04	0	0,02	0,02
% des Gesamtwertes . .	—	1,5	1,3	1,0	0	0,5	0,5
Strom in der Phase „violett".							
Ampere	4,4	0,128	0,01	0,02	0	0,03	0,02
% des Gesamtwertes . .	—	2,9	0,2	0,5	0	0,7	0,5

Die 17. Oberwelle kann mit dem Gerät unmittelbar nicht gemessen werden; man kann jedoch die Summe aller Oberwellen messen und von dieser Summe die einzeln gemessenen Oberwellen kleiner Ordnungszahl abziehen. Auf diese Weise ergibt sich ein Restbetrag für die höheren Oberwellen von 5 bis 6 %, der fast ausschließlich auf die 17. Oberwelle zurückzuführen sein dürfte.

Da, wie oben erwähnt, eine vollkommen gleichmäßige Verteilung der fünf in Dreieck geschalteten Transformatoren auf die einzelnen Netzphasen nicht möglich war, gelang es auch hier zwar nicht, die dritte Oberwelle vollkommen zum Verschwinden zu bringen, doch wird der Restbetrag von 3 % in der Praxis wohl kaum zu Störungen Anlaß geben. Die fünfte und siebte Oberwelle konnten selbst bei der geringen Zahl der hier am Ausgleich beteiligten Transformatoren auf Werte unter 1,5 % gebracht werden.

Die seit längerer Zeit anhaltende Steigerung des Verbrauchs ergibt für die Überlandwerke die Notwendigkeit,

[6]) Scharstein, Fußnote 3.

Transformatoren größerer Einheiten neu zu beschaffen. Die Ausführung dieser Transformatoren in geeigneter Schaltart bietet die Möglichkeit, den Oberwellenanteil des Netzes ständig zu vermindern, ohne daß wesentliche Mehrkosten entstehen. Jeder dieser neubeschafften Umspanner größerer Leistung vermag die Oberwellen mehrerer der vorhandenen älteren Transformatoren auszugleichen. Bei den Versuchen hat sich gezeigt, daß auch die Umklemmung einzelner Transformatoren oder ganzer Stichleitungen zur gleichmäßigen Verteilung der Umspanner auf die einzelnen Phasen ohne große Schwierigkeit und ohne Beeinträchtigung des Betriebes möglich war. Es besteht somit die Aussicht, auf diesem Wege allmählich zu einem oberwellenfreien Netz zu gelangen.

Zusammenfassung.

Ein Netzteil mit 70 in Stern geschalteten Transformatoren wird untersucht. Im ursprünglichen Zustand weist der Strom bei schwach belastetem Netz starke Oberwellen auf, neben 12 % fünfter und 3,5 % siebter Oberwelle eine dritte Oberwelle von über 17 % in der ungünstigsten Phase. Durch fünf Umschaltungen im Netz konnten die verschiedenen Klemmen der Transformatoren so weit gleichmäßig auf die einzelnen Phasen des Netzes verteilt werden, daß die dritte Oberwelle bis auf einen Rest von etwa 2 % verschwindet. In einem anderen Netzteil waren neben 31 oberspannungsseitig in Stern geschalteten Transformatoren fünf Transformatoren in Dreieckschaltung angeschlossen. In diesem Teil des Netzes ließ sich zeigen, daß nach der Durchführung einiger Umschaltungen zur gleichmäßigen Verteilung der Transformatoren außer der dritten Oberwelle auch die fünfte und siebte auf einen vernachlässigbaren Betrag gesunken war.

Aus den Versuchen geht hervor, daß der gegenseitige Ausgleich der Oberwellen im Magnetisierungsstrom verschieden geschalteter Transformatoren ein für den Netzbetrieb brauchbares Mittel ist, um die Netze auf einfache Weise von ihren Oberwellen zu befreien.

Motoren zum Antrieb von Kolbengasverdichtern großer Leistungen und deren Rückwirkung auf das Netz.

Von **H. Raymund VDE,** Berlin.

DK 621.34.004.13 : 621.65

Übersicht. Das Verhalten der Asynchron- und Synchronmotoren zum Antrieb großer Kolbengasverdichter im Anlauf und im Lauf mit Nennlast wird behandelt und die Rückwirkung dieser Motoren auf das Netz untersucht*).

Zum Antrieb von Kolbengasverdichtern werden zur Zeit Asynchronmotoren mit Nennleistungen bis zu 2200 kW bei 123 U/min und Synchronmotoren mit Nennleistungen bis zu 6200 kW bei 94 U/min gebaut. An Motoren dieser Größe müssen mit Rücksicht auf die Rückwirkung auf das Netz während des Anlaufes und während des Laufes mit Nennlast hohe Forderungen gestellt werden, insbesondere wenn die Motoren an Netze mit verhältnismäßig kleinen Leistungen angeschlossen werden.

1. Anlaufkennlinien von Asynchron- und Synchronmotoren.

Die Anlaufkennlinien eines Asynchronmotors mit Wirbelstromläufer für unmittelbares Einschalten zeigt Abb. 1. Das Reibungsmoment der Ruhe der Kolbengasverdichter beträgt meistens nicht mehr als das 0,25fache des Nennmomentes. Bei Spannungsabsenkungen im Augenblick des Einschaltens von 30 % der Nennspannung läuft somit der Motor noch einwandfrei an. Unabhängig davon, ob der Umlauf nach der 1. Stufe oder erst nach der letzten Stufe geöffnet ist, oder ob der Gasverdichter gegen offene Schieber hochgefahren werden muß[1] [2]), stets erreicht der Asynchronmotor mit dieser Anlaufkennlinie die Nenndrehzahl.

Im Gegensatz zum Asynchronmotor ist für den Synchronmotor der Verlauf des Verdichtermoments in Abhängigkeit von der Drehzahl von grundlegender Bedeutung. Hier bestimmt das Verdichtermoment in der Nähe der Nenndrehzahl die Bemessung der Käfigwicklung und damit die Größe des Anlaufstromes. Die Anlaufkennlinien von zwei Synchronmotoren verschiedener Ausführung sind in Abb. 2 wiedergegeben. Die Schaulinien *a* wurden durch oszillographische Messungen an einem Synchronmotor für 4000 kW, $\cos\varphi = 0{,}9$ und 125 U/min, dessen Käfigwicklung verhältnismäßig kleinen ohmschen und induktiven Widerstand hat, gewonnen. Die Schaulinien *b* wurden durch Messungen bei Nennspannung an einem Synchronmotor für 3000 kW, $\cos\varphi = 1$ und 125 U/min ermittelt, dessen Käfigwicklung verhältnismäßig großen ohmschen und induktiven Widerstand hat. Beide Motoren sind nicht imstande, den Verdichter gegen offene Schieber hochzufahren. Bei geschlossener Saugleitung — das Leerlaufmoment bei Nenndrehzahl ist hier etwa das 0,6fache des Nennmomen-

a bei offenen Schiebern *b* bei geschlossener Saugleitung *c* bei geöffnetem Umlauf nach der 1. Stufe

Abb. 1. Anlaufkennlinien eines Asynchronmotors mit Wirbelstromläufer für Kolbengasverdichter.

---

*) Nach einem Vortrag, gehalten vor dem VDE-Bezirk Berlin am 18. 10. 1938 (Fachgebiet „Elektromaschinenbau").

[1]) H. Göschel und E. Lampel, Siemens-Z. (1938) S. 365.

[2]) H. Raymund, Siemens-Z. (1938) S. 380.

tes — kann der 4000 kW-Motor bei Nennspannung noch anlaufen. Muß man während der gesamten Anlaufzeit mit großen Spannungsabsenkungen rechnen, so ist auch bei entlastetem Anlauf die Ausführung des Synchronmotors mit einer Anlaufkennlinie entsprechend Schaubild *a* zweckmäßig. Der 4000 kW-Motor läuft bei 70 % der Nennspannung noch an, wenn das Reibungsmoment der Ruhe das 0,25fache und das Leerlaufmoment des Verdichters bei Nenndrehzahl das 0,35fache des Nennmomentes betragen. Normalerweise werden die beim Einschalten des Motors auftretenden größeren Spannungsabsenkungen noch während des Anlaufs ausgeregelt. Steht bis zum Intrittgehen des Motors wieder die Nennspannung zur Verfügung und wird durch die Bemessung der Verdichteranlage dafür gesorgt, daß das Leerlaufmoment des Verdichters bei Nenndrehzahl klein ist, so kann der Synchronmotor unbedenklich für kleinen Anlaufstrom und damit auch kleines asynchrones Moment in der Nähe seiner Nenndrehzahl bemessen werden.

a kleiner ohmscher und induktiver Widerstand
b großer ohmscher und induktiver Widerstand

Abb. 2. Anlaufkennlinien von Synchronmotoren mit verschiedenen Käfigwicklungen.

Abb. 3. Netzleistung und Spannungsabsenkung beim Anlauf eines 4000 kW-Synchronmotors.

2. Rückwirkung der Motoren während des Anlaufs auf das Netz.

Um einen einfachen Überblick über die Rückwirkung der Motoren auf das Netz während des Anlaufs zu erhalten, sollen die das Netz speisenden Generatoren durch einen Generator, dessen Leistung gleich der Netzleistung ist, ersetzt werden. Die Anlaufleistung des 4000 kW-Synchronmotors von 17 500 kVA, $\cos\varphi \approx 0{,}2$ kann ein Generator für 17 000 kVA, $\cos\varphi = 0{,}8$ bei Nennspannung gerade noch liefern, wenn seine Erregungsfähigkeit den Forderungen der R.E.M. entspricht und wenn keine Vorbelastung vorhanden ist. Bei größerer Erregungsfähigkeit ist auch eine gewisse Vorbelastung möglich. Den Zusammenhang zwischen der Generatornennleistung und der möglichen Vorbelastung des Generators bei einer Anlaufleistung von 17 500 kVA, $\cos\varphi = 0{,}2$ gibt Abb. 3 für verschiedene Erregungsfähigkeiten N_{max}/N_n wieder. Die Generatornennleistung ist hier auf die Nennleistung des 4000 kW-Synchronmotors bezogen. Die höchstmögliche Vorbelastung, dargestellt durch die gestrichelte Kennlinie, ist gleich der Differenz aus Generatornennleistung und Motornennleistung. Sie wird bei dem 17 000 kVA-Generator bei einer Erregungsfähigkeit $N_{max}/N_n = 1{,}75$ praktisch erreicht. Der hierdurch bedingte Regelbereich der Erregermaschine ist bei normalen Turbogeneratoren mit selbsterregter Erregermaschine noch ausführbar.

Niederdruckseite

Hochdruckseite

resultierendes Diagramm bei einer Kurbelversetzung von 270 °

Abb. 4. Drehkraftdiagramm eines zweikurbeligen Kolbengasverdichters.

Die mit der plötzlichen Belastungsänderung verbundene plötzliche Spannungsänderung entspricht der Änderung der Streuspannung des Generators. So ergibt sich z. B. beim Schalten des 4000 kW-Synchronmotors auf den leerlaufenden 17 000 kVA-Generator mit einer Streuspannung von 15 % der Nennspannung eine augenblickliche Spannungsabsenkung von 14 % der Nennspannung. Beim Schalten des Motors auf vorbelastete Generatoren ist die augenblicklich auftretende Spannungsabsenkung um etwa 1 bis 2 % der Nennspannung geringer als beim Schalten auf leerlaufende Generatoren.

Die während des Regelvorganges infolge der magnetischen Trägheit des Generators und der Erregermaschine

auftretende zusätzliche Spannungsabsenkung beträgt bei Turbogeneratoren normaler Bauart mit selbsterregter Erregermaschine und Schnellregelung bis zum maximalen Erregerstrom etwa 1 bis 2 % der Nennspannung. Die während des Regelvorganges auftretende maximale Spannungsabsenkung des vorbelasteten Generators ist damit praktisch gleich der Spannungsabsenkung, die beim Schalten des Motors auf den leerlaufenden Generator augenblicklich auftritt.

Für den Fall, daß zwischen den Sammelschienen und den Motorklemmen Schutzdrosseln eingebaut sind, die bei Nennstrom einen induktiven Spannungsabfall von 3 % der Nennspannung verursachen und die Streuspannung des Generators 15 % der Nennspannung beträgt, ergibt sich die in Abb. 3 ebenfalls dargestellte maximale Spannungsabsenkung an den Motorklemmen. Sie beträgt beim Schalten des 4000 kW-Synchronmotors auf den 17 000 kVA-Generator etwa 23 % der Nennspannung. Auch bei dieser Spannungsabsenkung läuft der 4000 kW-Synchronmotor noch an.

Abb. 5. Wirkleistungsaufnahme eines Synchronmotors für Kolbengasverdichter bei Nennlast.

Ist mit Rücksicht auf das Netz eine wesentliche Verringerung der Anlaufleistung erforderlich, so können die Motoren mit Teilspannung oder auch nach dem Teilwicklungsverfahren angelassen werden. Hierdurch läßt sich der Anlaufstrom auf den etwa zweifachen Nennstrom verringern[3]).

3. Rückwirkung der Motoren auf das Netz während des Laufs mit Nennlast.

Das periodisch veränderliche Drehmoment des Kolbengasverdichters führt zu einer periodisch veränderlichen Stromaufnahme des Motors und damit zu Spannungsschwankungen im Netz. Um diese klein zu halten, müssen die Stromschwankungen begrenzt werden. Vorschriften über deren zulässige Größe enthalten zur Zeit nur die amerikanischen Normen. Hiernach sind bei Synchronmotoren zum Antrieb von Kolbengasverdichtern Stromschwankungen bis zu 66 % des Nennstromes zulässig. Meist wird man die Stromschwankungen kleiner halten, insbesondere wenn die Motoren an Netze verhältnismäßig kleiner Leistung angeschlossen werden.

a. Die Stromschwankungen des Synchronmotors im Lauf mit Nennlast.

Im Interesse des Läufergewichtes wird man bemüht sein, die zulässigen Stromschwankungen mit einem möglichst kleinen Schwungmoment einzuhalten. Mit dem Asynchronmotor als Antriebsmaschine ist diese Forderung im allgemeinen leichter einzuhalten als mit dem Synchronmotor, da dieser infolge seines Eigentaktes einzelne Harmonische des Drehkraftdiagramms verstärkt. Die Eigenschwingungszahl der Synchronmotoren zum Antrieb von Kolbengasverdichtern beträgt meistens das 0,8- bis 0,6fache der Nenndrehzahl. Hiermit ist der Verstärkungsfaktor[3]) der 1. Harmonischen verhältnismäßig groß. Mit zunehmenden Ordnungszahlen nehmen die Verstärkungsfaktoren rasch ab.

[3]) Siehe Fußnote 2.

Für einen ausgeführten Gasverdichter großer Leistung sind die Drehkraftdiagramme der Niederdruck- und der Hochdruckseite in Abb. 4 dargestellt. Die mittlere Drehkraft der Niederdruckseite ist etwa 10 % kleiner als die der Hochdruckseite. Die Harmonischen bis zur 3. Oberwelle sind eingezeichnet. Das günstigste resultierende Drehkraftdiagramm erhält man, wenn die Kurbel der Niederdruckseite der Kurbel der Hochdruckseite um 270° vorauseilt. Hier ist der Höchstwert der 1. Harmonischen nur das 0,11fache der mittleren Drehkraft. Praktisch gleich groß ist der Höchstwert der 2. Harmonischen.

Abb. 6. Höchstwerte der Harmonischen des Drehkraftdiagramms und Stromschwankungen eines Synchronmotors bei verschiedenen Kurbelversetzungen des Verdichters.

Bei Vernachlässigung der Dämpfung haben die Harmonischen der Wirkleistungsaufnahme des Motors dieselbe Lage zueinander wie die des resultierenden Drehkraftdiagramms, ihre Größe jedoch wird durch den Eigentakt des Synchronmotors entsprechend den Verstärkungsfaktoren geändert. So ergibt sich z. B. bei einer Eigenschwingungszahl $n_{ei} = 0{,}8\,n$ die in Abb. 5 dargestellte Wirkleistungsaufnahme des Motors in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel. Die 2. Harmonische ist hier schon ohne praktische Bedeutung. Die den Wirkleistungsschwankungen entsprechenden Stromschwankungen ermittelt man mit Hilfe des Vektordiagramms des Motors[3]). Der Höchstwert der Stromschwankungen ist hier bei der Nennlast und $\cos\varphi = 0{,}9$ entsprechenden Erregung gleich dem 0,36fachen Nennstrom.

a Erregung für Nennlast, $\cos\varphi = 0{,}9$
b „ „ „ $\cos\varphi = 1$

Abb. 7. Schwungmoment und Stromschwankungen eines Synchronmotors für Kolbengasverdichter.

Wie weit man allein durch die Änderung der Kurbelversetzung die Größe der Stromschwankungen beeinflussen kann, zeigt Abb. 6. Die Stromschwankungen bei der ungünstigsten Kurbelversetzung von 0° sind das etwa 2,2fache der Stromschwankungen, die bei der günstigsten Kurbelversetzung von 270° auftreten. Im gleichen Bild sind auch die Höchstwerte der Harmonischen des resultierenden Drehkraftdiagramms bis zur 3. Oberwelle eingetragen. Der Vergleich mit den Stromschwankungen zeigt die überragende Bedeutung der 1. Harmonischen auf die Größe der Stromschwankungen.

Abb. 8. Wirkleistungsaufnahme eines Asynchronmotors für Kolbengasverdichter bei Nennlast.

Da bei der Eigenschwingungszahl $n_{ei} = 0{,}8\,n$ der Verstärkungsfaktor der 1. Harmonischen verhältnismäßig groß ist, führt eine Verringerung der Eigenschwingungszahl durch Vergrößerung des Schwungmomentes oder durch Schwächung der Erregung zu einer beachtlichen Verringerung der Stromschwankungen (Abb. 7). Die Änderung der Erregung entsprechend dem Rückgang von Nennlast und $\cos\varphi = 0{,}9$ auf Nennlast und $\cos\varphi = 1$ ist hinsichtlich der Wirkung auf die Größe der Stromschwankungen gleichwertig einer Vergrößerung des Schwungmomentes um 20 %.

b. Die Stromschwankungen des Asynchronmotors im Lauf mit Nennlast.

Der Asynchronmotor hat ein grundsätzlich anderes Verhalten im Lauf als der Syonchronmotor. Bei diesem wird der veränderliche Teil des Drehmomentes teilweise vom Netz, teilweise von den Schwungmassen gedeckt. Ein Verstärkungsfaktor über 1 ist infolge Fehlens des synchronisierenden Momentes nicht möglich. Auch die Stromschwankungen des Asynchronmotors haben bei einer Kurbelversetzung von 270° ein Minimum. Den Verlauf der Wirkleistungsaufnahme des Motors in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel bei dieser Kurbelversetzung und einem Schwungmoment, das beim Synchronmotor der Eigenschwingungszahl $n_{ei} = 0{,}8\,n$ entspricht, zeigt Abb. 8. Der Höchstwert der 2. Harmonischen ist hier nur wenig kleiner als der der 1. Harmonischen. Die zugeordneten Stromschwankungen ergeben sich aus dem Kreisdiagramm. Der Höchstwert der Stromschwankungen des Asynchronmotors ist hier gleich dem 0,23fachen Nennstrom gegenüber dem 0,36fachen Nennstrom beim Synchronmotor.

Abb. 9. Schwungmoment und Stromschwankungen eines Asynchron- und Synchronmotors für Kolbengasverdichter.

Wie groß bei prozentual gleichen Stromschwankungen die Ersparnis an Schwungmoment beim Asynchronmotor gegenüber dem Synchronmotor ist, zeigt Abb. 9. Auch in dem Gebiet des Schwungmomentes, in dem der Synchronmotor wegen der Resonanznähe überhaupt nicht mehr laufen kann, sind die Stromschwankungen des Asynchronmotors noch verhältnismäßig gering.

Den Einfluß der Kurbelversetzung auf die Größe der Stromschwankungen des Asynchronmotors zeigt Abb. 10. Sie sind größer als die des Synchronmotors mit gleichem Schwungmoment bei den Kurbelversetzungen, die zu einer starken 2. Harmonischen im resultierenden Drehkraftdiagramm führen.

Abb. 10. Höchstwerte der Stromschwankungen eines Asynchron- und Synchronmotors bei verschiedenen Kurbelversetzungen des Verdichters.

Ein außerordentlich wirksames Mittel, das Schwungmoment des Asynchronmotors bei gleichen Stromschwankungen noch weiter zu verkleinern, ist die Vergrößerung des Nennschlupfes. Bleibt bei der Änderung das Produkt aus Schwungmoment und Nennschlupf konstant, so bleiben auch die Stromschwankungen die gleichen. Die Vergrößerung des Nennschlupfes führt zu einer Vergrößerung der Läuferkupferverluste, die jedoch infolge der guten Kühlverhältnisse für die Läuferstäbe meist noch zulässig sein wird.

Zusammenfassung.

Während es bei Antriebsleistungen bis zu 2200 kW in den meisten Fällen noch möglich war, die einfachste Antriebsmaschine, den Asynchronmotor mit Wirbelstromläufer für unmittelbares Einschalten, zu wählen, führten bei größeren Antriebsleistungen die Netzverhältnisse bisher zum Synchronmotor. Hier ist mit dem 4000 kW-Motor ein Modell geschaffen worden, das auch bei den ungünstigsten Netzverhältnissen bei unmittelbarem Einschalten noch anläuft. Motoren noch größerer Leistung, wie z. B. der 6200 kW-Synchronmotor, werden mit Rücksicht auf ihre Rückwirkung auf das Netz während des Anlaufs mit Teilspannung oder auch nach dem Teilwicklungsverfahren angelassen. Durch sorgfältige Planung des Kolbengasverdichters gelingt es, auch bei Motoren großer Leistungen die Stromschwankungen im Lauf mit verhältnismäßig kleinen Schwungmomenten so niedrig zu halten, daß deren Rückwirkung auf die Netzspannung vernachlässigbar gering ist.

Die Elektrotechnik auf der Internationalen Automobil- und Motorrad-Ausstellung, Berlin 1939.

Von H. Hasse VDE, Berlin.

DK 629.113(061.4)

Übersicht. Elektrotechnische Geräte sind von jeher unentbehrliche Bestandteile des Automobiles. Ihr Einsatz wurde immer umfangreicher. Auch Neuanwendungen der Elektrotechnik, wie der Auto-Rundfunkempfang, konnten in den letzten Jahren vermerkt werden. Von Neuerungen und Verbesserungen elektrotechnischer Geräte, soweit sie auf der Automobilausstellung zu sehen waren, soll hier berichtet werden. Vorher wird auf die elektrisch angetriebenen Fahrzeuge eingegangen.

Elektrisch angetriebene Fahrzeuge.

Bei der Bemessung akkumulator-elektrisch angetriebener Fahrzeuge kommt es darauf an, die im Sammler zur Verfügung stehende Energie, mit einem möglichst hohen Wirkungsgrad als Drehmoment, an den Antriebsrädern zur Verfügung zu haben. Verluste entstehen hauptsächlich beim Anfahren. Die Bergmann-Elektrizitäts-AG. verwendet deshalb bei allen Elektrowagen den Doppelkommutator-Gleichstrommotor. Er gestattet durch Hintereinander- bzw. durch Parallelschalten der Anker- und Feldwicklungen ein fast verlustloses Anfahren. Beim Elektrofahrzeug ist die Kapazität der Batterie wesentlich für den Fahrbereich des Wagens. Bergmann gibt z. B. für seinen 1,5 t-Wagen einen Fahrbereich von 65 km mit einer Batterieladung an. Die 40zellige Batterie hat bei einem Gewicht von 670 kg 200 Ah. Die Nutzlast beträgt 1500 kg. Für den Fahrbereich ist ferner die Beharrungsgeschwindigkeit wesentlich. Bergmann läßt bei den schwereren Elektrowagen eine Geschwindigkeit über 20 km/h nicht mehr zu. Diese genügt für den Stadtverkehr vollständig, insbesondere für die Verwendungszwecke des Elektrowagens, den Verkehr mit sehr kurzer Haltestellenentfernung, wie er z. B. beim Brauereibetrieb üblich ist.

Auch Carl F. W. Borgward, Bremen, die ein Fahrgestell eines Elektrowagens ausgestellt hatten, verfolgen diese Richtlinie.

Wesentlich ist, daß das tote Gewicht der Elektrowagen noch mehr als bisher herabgesetzt wird. Bei den geringen Geschwindigkeiten, die ein elektrisch angetriebener Wagen erreicht, ist, roh ausgedrückt, der Fahrbereich umgekehrt proportional dem Gewicht des Wagens. Es ließe sich also hier durch Leichtbau sicher noch mehr als bisher erreichen.

Während bei den Straßenfahrzeugen, wie sie die Elektrowagen darstellen, die Wirtschaftlichkeit von der Art des Betriebes abhängig ist, ist der Elektrokarren umgekehrt ein wesentlicher Faktor für die Wirtschaftlichkeit eines Fabrikbetriebes. Die Anwendungsmöglichkeiten des Elektrokarrens sind allgemein bekannt[1]), als daß hierauf näher eingegangen zu werden braucht. Allgemein wird für den Tragkarren der Einmotorenantrieb bevorzugt, für den Schlepper der Viermotorenantrieb, da hier das Reibungsgewicht eine wichtige Rolle spielt.

Für explosionsgefährdete Betriebe sind in letzter Zeit[2]) entsprechende Elektrokarren entwickelt worden. So zeigte die Bleichert Transportanlagen-G. m. b. H., Leipzig, u. a. einen 5 t-Tank-Elektrokarren für Öl- und Brennstofftransport. Der besonders für Flughäfen geeignete Elektrokarren mit gelenkter Antriebsachse ist mit einer Batterie mit 200 Ah ausgerüstet. Die beiden Motoren von je 2,2 kW verleihen dem Fahrzeug eine Geschwindigkeit von 13 km/h. Außer diesen beiden Motoren wird von der Batterie noch eine selbstansaugende Kreiselbrennstoffpumpe mit 2,2 kW angetrieben, die 200 l/min fördern kann. Der Fahrbereich mit einer Batterieladung ist deshalb nicht so groß wie bei Straßenfahrzeugen, er beträgt rd. 21 km. Die Batterie ist als Standtrog ausgebildet und ist über der Lenkachse angeordnet und durch eine Stahlhaube abgedeckt. Die Plattformhöhe über Flur beträgt 330 mm, der kleinste Innenlenkhalbmesser 1150 mm und der Umkehrkreis 7600 mm.

Abb. 1. Fahrgestell des Norm-Obus I mit eingebauter elektrischer Ausrüstung. Vorn neben dem Lenkrad sind die Widerstände zu sehen, darüber wird die Feinregler-Steuerung angebracht.

Die Brown, Boveri & Cie. AG. zeigte das von der MAN hergestellte Fahrgestell eines Obus. Es ist ein genormtes Fahrgestell[3]), wobei sich die Normung nur auf den mechanischen Teil bezieht. Die elektrische Ausrüstung besteht hauptsächlich aus einem Doppelkommutator-Gleichstrommotor und Feinstufensteuerwerk für Reihen- und Parallelschaltung beider Motorwicklungen[4]). Die Abb. 1 zeigt die Anordnung der elektrischen Ausrüstung und die niedrige Ramenhöhe des Fahrgestells. Für den hier ausgestellten Norm-Obus I wird ein selbstlüftender Motor mit einer Stundenleistung von 60 kW bei 550 V und 1600 U/min genommen; die Dauerleistung beträgt 46,5 kW bei 1760 U/min. Für den großen Norm-Obus II sind die entsprechenden Daten 85 kW und 67 kW. Als wesentliche Neuerung sei auf den Einstangen-Stromabnehmer mit zweipoligem Kopf hingewiesen, den BBC erstmalig herausgebracht hat. Einen solchen Norm-Obus II mit Doppelkommutatormotor von 85 kW und doppelpoligem Einstangen-Stromabnehmer zeigt die Abb. 2.

---

1) G. Lucas, ETZ 57 (1936) S. 169 u. 272; C. Zahn, ETZ 59 (1938) S. 717.
2) F. Roesner, ETZ 60 (1939) H. 10, S. 299.
3) ETZ 59 (1938) S. 529, Abb. 1.
4) H. Hermle u. H. Balke, ETZ 60 (1939) H. 13, S. 391.

Rundfunkempfang im Kraftwagen.

Einige bekannte Gerätehersteller für Rundfunk warteten auch in diesem Jahr mit neuen bzw. verbesserten Geräten auf. Die Anforderungen, die an den Autoempfänger gestellt werden, sind ungleich höher als beim Heimempfänger. Bei höherer Empfindlichkeit, weitgehendem Schwundausgleich, bei größerer Lautstärke, geringerem Stromverbrauch und gesteigerter Trennschärfe muß der Autoempfänger möglichst kleine Abmessungen besitzen. Diese Forderungen werden von allen auf der Autoausstellung gezeigten Geräten erfüllt. Es ist selbstverständlich, daß die besonderen Anforderungen auch besondere Maßnahmen und Aufwendungen zur Folge haben.

Durchweg wurde die Superhetschaltung angewendet, wobei von drei Firmen Metallröhren und nur von Philips rote Röhren genommen wurden.

Abb. 2. Der Norm-Obus II mit doppelpoligem Einstangen-Stromabnehmer in Zwickau.

Der neue Autosuper 7 A 79 der Blaupunkt-Werke G. m. b. H. hat den Empfänger und den Lautsprecher in einem Gerät vereinigt. Die Außenabmessungen sind 170 · 290 · 167 mm; für Omnibusse kann der Lautsprecher getrennt von dem Empfängerteil aufgestellt werden, letzterer wird dann etwa 10 mm in der Höhe kleiner. Das Gerät hat, wie alle auf der Ausstellung gezeigten Geräte, nur Mittel- und Langwellenbereich, die beim Blaupunkt-Empfänger sich selbsttätig nacheinander durch Drehen am Einstellknopf einstellen. Für die Einschaltung des Gerätes und die Lautstärkeregelung ist ein weiterer Knopf vorgesehen, so daß am Bedienungsteil nur zwei Knöpfe notwendig werden. Der Stromverbrauch stellt sich auf rd 25 W.

Bei dem Körting-Super werden der Emfänger und der Lautsprecher stets getrennt angebracht. Durch diese Trennung war es möglich, dem Empfängerteil die geringen Abmessungen von 110 · 330 · 140 mm zu geben. Reicht dieser verhältnismäßig geringe Raumbedarf für den Einbau noch nicht aus, so kann der Stromumrichterteil vom Empfängerteil abgenommen werden; die Breite verringert sich hierbei von 330 auf 220 mm. Die Schwundregelspannung wirkt auf vier Verstärkerröhren, so daß die verschiedenen Sender mit nahezu derselben Lautstärke wiedergegeben werden. Vollkommene Abschirmung und besondere Störschutzfilter sind vorgesehen, um auf jeden Fall Störungen fernzuhalten.

Die Deutsche Philipsgesellschaft stellte einen Sechskreis-Vierröhren-Superhet aus, bei dem der permanentdynamische Lautsprecher im Empfängergehäuse untergebracht ist. Die Abmessungen sind dementsprechend 215 · 175 · 185 mm. Die Gleichrichterröhre konnte hier fortfallen, da ein Synchronwechselrichter verwendet wurde, der den der Batterie entnommenen Gleichstrom in Wechselstrom umwandelt, ihn auf 250 V transformiert und ihn dann wieder gleichrichtet (Abb. 3). Beim Einschalten des

Abb. 3. Schaltung des Synchronwechselrichters.

Gerätes, also beim Anschluß der Klemmen E und F an die Batterie, zieht der Magnet S_3 einen Kontaktarm an und schließt die Kontakte A und C. In der Spule S_1 fließt ein Strom, der einen Strom in der entgegengesetzten Richtung und entsprechend dem Übersetzungsverhältnis mit höherer Spannung in der Spule S_2 induziert. Da der Kontakt H unterbrochen ist, fällt der Kontaktarm zurück und schließt die Kontakte D und B. Der Vorgang wiederholt sich in den anderen Hälften der Spulen S_1 und S_2, so daß an der Mittelanzapfung G ein Gleichstrom mit der gewünschten Spannung zur Verfügung steht. Das Gerät ist trotz der geringen Röhrenzahl sehr empfindlich. Eine große Trennschärfe wird durch zwei Zwischenfrequenzfilter und durch einen Zweifach-Drehkondensator für die Vorselektion und für den Oszillator erreicht. Der Stromverbrauch ist, wie auch bei den anderen besprochenen Geräten, nicht höher als 25 W.

Die sieben Kreise des neuen Telefunken-Super mit Stahlröhren teilen sich auf in: Eingangskreis, Zwischenfrequenzkreis, Oszillator und zwei zweikreisige Bandfilter. Das Gerät hat auch nur Zweiknopfbedienung, die Skalenbeleuchtung ist mit der Instrumentenbrettbeleuchtung gekuppelt.

Schwierig ist immer noch die Antennenfrage. Verschiedene Automobilfabriken gehen bereits dazu über, durch Isolierung der Dächer vom übrigen Karosseriemetall eine Antenne zu schaffen. Telefunken hat teleskopartige Stabantennen entwickelt, die seitlich an der Windschutzscheibe bzw. oben an dem Dach des Automobiles angebracht werden. Man kann auch die Antenne unter dem Wagen anbringen; doch haben die seitlich bzw. auf dem Dach angebrachten Stabantennen den Vorteil der größeren Störfreiheit.

Kraftfahrzeug-Zubehörteile.

Ein schon voriges Jahr gezeigtes e l e k t r o m a g n e t i s c h e s G e t r i e b e der Zahnradfabrik Friedrichshafen ist in diesem Jahr in verbesserter und erweiterter Form (6. Gang) auf der Ausstellung zu sehen gewesen. Das in der Abb. 4 wiedergegebene Getriebe hat fünf Elektromagnete mit den dazugehörigen Schleifringen. Geschaltet wird vom Steuerrad aus mit Hilfe eines kleinen Hebelschalters. Für die Betätigung der elektromagnetischen Mehrscheibenkupplungen muß von der Batterie eine Leistung von 15 W bei einer und von 30 W bei Eingriff von zwei Kupplungen zur Verfügung gestellt werden, wobei zu beachten ist, daß diese Leistung bzw. der entsprechende Verbrauch natürlich so lange vorhanden ist wie gefahren wird. Beim Start des Wagens und beim Schalten der unteren Gänge muß die mechanische Kupplung betätigt werden, bei den oberen Gängen ist dies nicht mehr unbedingt notwendig.

Beim Schalten nach abwärts ist die Betätigung der mechanischen Kupplung überflüssig; dies geschieht also durch einfaches Schalten des Handhebels am Steuerrad.

Zum Messen des Tankinhalts beim Auto hat die P & S Tachometer-Gesellschaft ein Gerät geschaffen, das den Brennstoffspiegel im Tank an einem am Armaturenbrett anzubringenden Anzeigegerät angibt. Ein Schwimmer im Tank ändert je nach der Höhe des Brennstoffspiegels seine Lage und dadurch einen Widerstand, und damit den Ausschlag des Strommessers am Armaturenbrett.

Bei einer Rundfunk-Empfangsanlage im Auto müssen alle funkengebenden Geräte abgeschirmt werden. Bei der Zündkerze macht dies Bosch so wie in Abb. 5 angegeben. Die Zündkerze ist metallisch umhüllt; der Isolator ist vollständig gekapselt und gasdicht im Kerzengehäuse angebracht. Außerdem sind diese Kerzen auch vollständig wasserdicht.

Sehr viel Kleinarbeit ist aufgewendet worden, um Werkstoffe zu sparen. So hat z. B. das Beru-Werk in Ludwigsburg neue Kabelschuhe herausgebracht, die nicht nur Werkstoff sparen, sondern auch sehr einfach zu montieren sind: Die Kabelseele wird rd. 12 mm freigelegt und in vier Bündeln über das Gummikabel zurückgeschlagen, die Hülse des Kabelschuhes wird sodann darüber geschoben, wobei die in der Hülse angebrachten Widerhaken den Kabelschuh festhalten.

Einen selbsttätig zurückgehenden Winker hat Andreas Veigel, Stuttgart-Bad Cannstatt, geschaffen. Wie Abb. 6 erkennen läßt, sind die beiden Winker rechts und links wie üblich über den Schalter an den Pluspol der Batterie angeschlossen. Nach dem Einschalten eines Winkers wird durch eine in der Abb. 6 nicht gezeichnete Feder der Schalter wieder in die Nullage zurückgezogen; dieser Vorgang wird aber durch den vom Tachometer aus gesteuerten Magneten *m* über ein Räderwerk mit Ankergang verzögert. Ein Kontaktgeber im Tachometer gibt abhängig vom zurückgelegten Weg Stromstöße, die entsprechende Hübe beim Magneten bewirken.

Eine andere Firma zeigt auf der Ausstellung einen elektrisch betätigten, schwingend angeordneten Winker, der auch einen Anschluß für eine Blinkvorrichtung im Kontrollschalter besitzt.

Die Meteor KG. in Essen ging mit der Neukonstruktion ihres Hauptscheinwerfers besondere Wege. Der Hauptfaden einer Zweifaden-Glühbirne schafft ein Fernlicht von etwa 350 m, während der zweite Faden ein blendfreies Nahlicht mit einer Reichweite von etwa 110 m gibt. Erreicht wird diese Wirkung durch Krümmung und Abbiegung des Lichtkegels durch die Konvexreflektion. Auf die besondere Einrichtung eines Fliegerlichtes für Verdunklungen sei hingewiesen.

Abb. 4. Elektromagnetisches Getriebe.

Abb. 5. Abgeschirmte und wasserdichte Zündkerze.

Der Hauptscheinwerfer der Nowa-Technik G. m. b. H., der schon an dieser Stelle beschrieben wurde[5]), hat einige Verbesserungen erfahren. Hier wird ein Ellipsoidspiegel verwendet, der eine größere Menge des vom Glühfaden emittierten Lichtes erfaßt und für die Fahrbahn nutzbar macht.

Die Nummernschilder sind bei Dunkelheit oft schlecht beleuchtet und daher schwer zu erkennen. Herm. Riemann, Chemnitz, hat deshalb ein Transparent-Nummernschild konstruiert, das durch zwei Soffittenlampen in Verbindung mit einem innen emaillierten Blechgehäuse eine mit Nummern versehene Mattglasscheibe gleichmäßig ausleuchtet.

Auf eine interessante Konstruktion der Firma F. F. A. Schulze, Berlin N 54, sei kurz hingewiesen. Der Gütertransport mit großen Lastkraftwagen während der Nacht nimmt immer mehr zu und damit die Gefahr für entgegenkommende Fahrzeuge, deren Fahrer die einzelnen Fahrzeugleuchten und damit die Fahrzeuge selbst nicht voneinander unterscheiden können. Um das Profil des entgegenkommenden Lastwagens sofort zu erkennen, wurde ein Leuchtstab neu geschaffen, der seitlich auf den Stoßstangen oder sonst an einer geeigneten Stelle des Wagens angebracht werden kann. Der Leuchtstab gibt ein stabförmiges senkrechtes Licht ab und läßt den breiten Lastkraftwagen sofort als solchen erkennen.

Abb. 6. Schaltanordnung des selbsttätig zurückgehenden Winkers.

Einige Firmen hatten wiederum Reifenkontroller gezeigt, die darauf beruhen, daß mit einem am Untergestell angebrachten Fühler ein elektrischer Kontakt beim Absinken des Reifens betätigt wird und damit ein Stromkreis mit Glühlampe oder Alarmsignal geschlossen wird. Die Argomat-Reifenschutzanlage von Maehler & Kaege, Ingelheim am Rhein, ist als Ruhestromanlage gebaut (Abb. 7). Sind die Reifen gefüllt, und ist sonst die Anlage in Ordnung, so leuchtet die grüne Birne *L*. Ist der Stromkreis durch Abbiegen eines Fühlers *F* oder durch Drahtbruch unterbrochen, so fällt der Anker des Magneten ab und setzt gleichzeitig eine Alarmglocke in Tätigkeit. Beim Fahren ohne Anhänger wird der Kontakt *A* selbsttätig mit Masse verbunden.

[5]) ETZ 57 (1936) S. 277.

Aus den vielfachen Anwendungen der Elektrizität und ihrem stets wachsenden Einsatz ergibt sich ein immer größer werdender Stromverbrauch. Die Leistungen, die an die Fahrzeugbatterie gestellt werden, müssen natürlich auch immer größer werden. Die Akkumulatorenindustrie hat diese Aufgabe gelöst, ohne daß die Batterie schwerer wurde, im Gegenteil, das Leistungsgewicht ist, über einen längeren Zeitraum betrachtet, erheblich geringer geworden. Hierzu beigetragen hat nicht zum mindesten die Notwendigkeit, Werkstoffe zu sparen.

A Steckkontakt F Fühler L grüne Lampe

Abb. 7. Schaltung des Reifenkontrollers.

Zusammenfassung.

Leicht zu bauen mit heimischen Werkstoffen ist nicht nur notwendig im Hinblick auf die Rohstoffbewirtschaftung, sondern auch ein Erfordernis für den sparsamen Betrieb eines Fahrzeuges, da Gewichtsverminderung Leistungsverminderung bzw. bei der gleichen Leistung Geschwindigkeitserhöhung bedeutet. Wie dem folgenden Aufsatz entnommen werden kann, ist diese Entwicklungsrichtung auch im allgemeinen Automobilbau zu beobachten. Die Typenbereinigung sollte auch vor Elektrofahrzeugen nicht Halt machen. Beim Oberleitungsomnibus ist sie für den mechanischen Teil schon durchgeführt, beim elektrischen Teil dieses Fahrzeuges ist sie noch nicht gut möglich, da die einzelnen Konstruktionen noch zu sehr im Fluß sind. Bei Elektrowagen und Elektrokarren wäre eine Typenbereinigung bzw. Normung von großem Nutzen sowohl für den Verbraucher und letzten Endes auch für den Erzeuger.

Die internationale Automobil- und Motorradausstellung Berlin 1939.

Von **W. Rödiger VDE**, Berlin.

DK 629.113(061.4)

Übersicht. Ein Überblick über die Automobil- und Motorradschau am Kaiserdamm wird gegeben und die Merkmale der Entwicklung des Jahres 1938 im deutschen Kraftwagen- und Motorradbau werden gekennzeichnet. Auch die Konstruktion des Volkswagens wird kurz beschrieben, und auf die zur Schau gestellten Prüfeinrichtungen, Wagen und Hilfsmittel der deutschen Kraftfahrforschung hingewiesen.

Der Volkswagen.

Zum ersten Male auf der internationalen Automobil- und Motorrad-Ausstellung, und aus diesem Grunde im Mittelpunkt des Interesses stehend, wurde der deutsche Volkswagen gezeigt, bei dessen konstruktiver Durchbildung sowohl wie bei der Ausstattung alle Erfahrungen einer langjährigen ebenso erfindungs- wie prüfungsreichen Fach- und Forschungsarbeit benutzt wurden. Der Volkswagen stellt deshalb eine Spitzenleistung des automobiltechnischen Könnens dar und ist mit all dem Zubehör ausgerüstet, das sich in langen Jahren als zweckvoll erwiesen hat.

Die äußere Formgebung ist nach den Ergebnissen der neuesten Strömungsforschung erfolgt. Das Mittelrohr-Rahmen-Fahrgestell ist nach unten völlig abgedeckt und hat hinten Pendelschwingachsen. Der obengesteuerte Heckmotor, dem die Luft durch einen Luftfilter und der Brennstoff durch einen Fallstromvergaser zugeführt wird, hat vier liegend angeordnete Zylinder und Luftkühlung. Er braucht also weder Frostschutz noch Kühlerhaube. Die Zylinder sind mit Kühlrippen versehen. Er wird auch bei seiner höchsten Dauerleistung von 100 km auf der Autobahn nicht zu warm und hat den Treibstoffverbrauch eines Kleinwagens. Ein Ölkühler ist im Führungsgehäuse der Kühlungsluft eingebaut. Die beiden Zylinderblöcke, das Getriebe, die Kupplung und das Differential liegen in einem Leichtmetallgehäuse in der Ebene des hinten gegabelten Rahmens, so daß der Schwerpunkt des Wagens sehr tief liegt. Dadurch wird eine vorzügliche Straßenlage hervorgerufen. Jedes der Vorderräder, die einzeln gelenkt werden, ist an mehreren Drehstäben aufgehängt, teils zum Zweck einer fortschreitenden Federung, teils aus Sicherheitsgründen (Torsionsstabfederung). Die Stäbe sind gekapselt und so gegen Schmutz und Feuchtigkeit geschützt.

Die Personenwagenstände.

Auf den Personenwagenständen der Privatindustrie sah man neben einigen Neuschöpfungen die bekannten, aber vielfach verbesserten und vervollkommneten Modelle. Neue Werkstoffe wurden für verschiedene Zwecke eingesetzt. Man nimmt heute Leichtmetall für Gehäuse, Aufbauten und zahlreiche andere Zwecke, sowie Schwingmetall zur Radabfederung, Gelenkabfederung im Lenkgestänge, zur Motorlagerung, zur Abstützung der Hinterräder, zur Schwingungsdämpfung der Kurbelwelle, für Kupplungen usw. Auch die aus Kunstharz gefertigten Teile waren in großer Menge zu bemerken.

Unverkennbar war das Bemühen, die äußere Form der Personenwagen möglichst glatt und windschlüpfig zu gestalten. Selbsttragende Karosserien aus Leichtmetall, selbst bei Omnibussen, sind heute nichts Besonderes mehr. Der Wunsch nach Autobahnfestigkeit des Motors hat eine Anzahl Verbesserungen und Vervollkommnungen zur Folge gehabt; weil die Autobahnfestigkeit des Motors im wesentlichen eine Frage der Schmierung ist, so wurde z. B. eine bessere Kühlung des Schmieröls, unter anderem durch Kühlschlangen im oberen Wasserbehälter, und eine Überwachung durch das Ölfernthermometer eingeführt. Von den zahlreichen sonstigen Neuerungen und Verbesserungen seien genannt die Verwendung von Doppelvergasern mit regelbarer Starthilfe, von Synchrongetrieben mit Schalterleichterung, die Verstärkung der Kurbelwellen und Kurbelwellenlager, Verwendung von neuen Lagermetallen und

Fernganggetrieben und die Verringerung des Ansaugegeräusches; ferner der Einbau einer federnden Kupplungslamelle zur Erzielung eines weichen Eingriffs, neue Schwingachskonstruktionen, Einzelradabfederung, Synchronfederung, geteilte Spurstangen und das elektromagnetische Schaltgetriebe[1]) und schließlich Ganzstahlkarosserien für Kabriolets, der Einbau von Thermostaten und automatischer Gemischvorwärmung, Stabilisator an der Vorderachse und dergleichen mehr. Die Mehrzahl der Firmen hat ganz augenscheinlich der Ausgestaltung ihrer 2- bis 3,5 l-Wagen besondere Sorgfalt angedeihen lassen, was im Hinblick auf den Volkswagen und auf die Fortschritte in der Fertigstellung der Autobahn verständlich ist.

Besondere Aufmerksamkeit erregte der schwimmfähige Geländewagen der Trippelwerke, der ohne anzuhalten vom Land ins Wasser und umgekehrt übergehen kann. Der Karosserieboden ist boots- oder schlittenförmig gestaltet. Der Antrieb erfolgt durch einen 4-Zylinder-Motor mit 48 PS-Leistung, der eine kombinierte Preßluft-Wasser-Kühlung hat, über ein 10-gängiges Spezialgetriebe. An Land werden alle 4 Räder angetrieben, im Wasser dient eine 3-Flügelschraube mit einem stromlinienförmigen Unterwasserkörper zur Fortbewegung. Die Flügelschraube kann an Land durch einen am Führersitz angeordneten Handhebel eingezogen werden. Die Geschwindigkeit auf der Straße beträgt 90 km/h, im Wasser 12 bis 16 km/h und auf dem 1. Geländegang 5 km/h bei voller Motorleistung.

Lastwagen, Omnibusse und Schlepper.

Während bei den Personenwagen, die durch den Obersten von Shell in die Wege geleitete Verminderung der Typenzahl noch kaum in Erscheinung trat, war sie auf den Ständen der Lastwagenhalle deutlich zu spüren. Man sah im wesentlichen nur 1½ t-, 3 t-, 4½ t- und 6½ t-Wagen. Dabei war festzustellen, daß der Dieselmotor seine Vorrangstellung als Antriebsmaschine nicht nur behauptet, sondern gefestigt bzw. ausgedehnt hat.

Einige Neuschöpfungen waren auf dem Gebiet der geländegängigen, steuerbegünstigsten Fahrzeuge zu finden.

Die Rahmenkonstruktion der Lastkraftwagen ist im großen und ganzen dieselbe geblieben. Der 2-Träger-Profilrahmen herrschte vor. Die eingebauten Antriebsmaschinen waren teils preßluftgekühlte, teils wassergekühlte Motoren. An luftgekühlten Lastwagenmotoren wurde u. a. ein 40 PS-Vergaser- und 60 PS-Dieselmotor gezeigt. Das seit Erfindung des Diesels erstaunlich gesenkte Leistungsgewicht, 5 kg/PS, wurde beim Saurer-Diesel (Wien) noch unterboten. Durch Verwendung von Leichtmetall war das Leistungsgewicht auf 4,5 kg/PS herabgedrückt. Durch die sehr ausgiebige Verwendung von Leichtmetall ist auch sonst besonders bei den Omnibussen eine bemerkenswerte Gewichtsverminderung erzielt worden. Es waren Fälle festzustellen, in denen dieser Gewichtsverminderung zufolge die Motorenstärke wesentlich, in einzelnen Fällen sogar um ein Drittel verringert werden konnte.

Die meisten Dieselwagen hatten 5-Gang-Getriebe, um auf den Autobahnen größere Geschwindigkeiten entwickeln zu können. Schwere Diesellastwagen mit Allradantrieb für Omnibusse sah man mit besonders tiefen und langen Fahrgestellen ausgerüstet.

Die Schlepper waren mit wenigen Ausnahmen ebenfalls mit mehrzylindrigen Dieselmotoren ausgerüstet und vielfach als Eilschlepper für Ferntransporte gebaut. Man sah solche mit und ohne Profilrahmen. Bei den Kleinschleppern waren die Motoren fast durchweg vorn und nur in wenigen Fällen über der Hinterachse angeordnet. An einem Schnittmodell wurde der konstruktive Aufbau bis ins einzelne gezeigt. Grundsätzliche Neuerungen waren nicht festzustellen. Ein ganz schwerer Schlepper im Freigelände fiel durch einen 100 PS-Diesel-Motor mit Antrieb auf 2 Hinterachsen auf, der eine Anhängelast von 20 t mit einer Geschwindigkeit von 60 km/h zu befördern vermag. Ein Schlepper mit Raupenantrieb und gelenkten Vorderrädern fand starke Beachtung.

Motorräder.

Neukonstruktionen waren im wesentlichen nur bei den Kleinkrafträdern festzustellen, und zwar in den Klassen bis 125 cm³. Hier sind durchweg erhöhte Motorenleistungen u. a. durch die Verwendung von Leichtmetallzylindern, durch bessere Kühlung, durch verbesserte Führung der Gasströme, geringere Spülverluste usw. erzielt worden. Außerdem ist der Kraftbedarf durch glatte Formgebung und Verkapselungen gesenkt. Die Hinterradfederung hat sich durchgesetzt.

Infolge der teilweise erhöhten Leistungen und Geschwindigkeiten waren vielfach die Rahmen, Gabeln und Federungen verstärkt.

Motorfahrräder mit und ohne Getriebe waren zahlreich vertreten und entweder mit Sachs-Motoren oder solchen eigener Konstruktion ausgerüstet. Auch hier waren durch die Verkapselung aller sich bewegender Teile und eine starke Verschalung glatte Konstruktionen geschaffen, bei denen das Reinigen erleichtert, der Verschleiß verringert und eine sehr erwünschte Windschlüpfigkeit erzielt wird. Die augenscheinlich besonders beliebte 125 cm³-Klasse (entsprechend etwa 4 PS) sah man ebenso wie die Kleinst-Kraftfahrräder mit Flachkolben, 2-Takt-Motor und geflanschtem 3-Ganggetriebe, so daß sie auch in den Bergen benutzt werden können. Ihre Höchstgeschwindigkeit in der Ebene beträgt teilweise bis zu 70 km/h. Während in den Größen bis 250 cm³ der 2-Takter das Feld beherrschte, überwog bei den größeren Motoren der kopfgesteuerte 4-Takter. Ein 2-Takter mit neuer Muldenspülung fand besondere Beachtung, ebenso eine neue Hinterradfederung, bei der die Achse in einem Gelenkviereck so aufgehängt ist, daß das Rad beim Durchfedern in einem flachen Bogen schwingt, ohne daß eine Zerrung der Kette erfolgt. Neue Modelle waren in einem Gelände-Fahrzeug mit 250 cm³ Kreuzstrommotor und doppeltem Naßluftfilter und einer 125 cm³-Maschine mit Leichtmetallzylinder, sowie in einer ebenso großen Maschine mit von Hand verstellbaren Stoßdämpfern, Schwingsattel und verstellbaren Fußrasten zu sehen.

Anhänger.

Ebenso wie bei den Lastkraftwagen war auch bei den Lastanhängern eine gewisse Auswirkung der bevorstehenden Typenbeschränkung zu bemerken. Trotzdem oder gerade deshalb war eine fortschrittliche Entwicklung allgemein festzustellen, die sich am auffälligsten in dem Bestreben zeigte, die Gewichte der Fahrgestelle und Aufbauten zu verringern. Die Fahrgestelle waren vielfach elektrisch geschweißt und aus einzelnen Profilträgern zusammengebaut. Daneben waren allerdings auch noch durchgehende Längsträger aus Doppel-U- oder -T-Eisen und Mittelrohrträger mit angeschweißten Querträgern vorhanden. Bei Zwillingsbereifung waren zur Schonung der Reifen und zur besseren Lenkung des Wagens sogenannte Ausgleichsnaben verwandt, die sich unabhängig voneinander drehen, so daß beim Kurvenfahren weder der innere noch der äußere Reifen zum Rutschen kommt.

Überwiegend waren die Anhänger mit Drehschemellenkung ausgerüstet, mit Ausnahme der geländegängigen Fahrzeuge, die zur Vermeidung der Kippgefahr Achsschenkellenkung besitzen. Zum Zweck der Geländegängigkeit, und um den Aufbau auch im ungünstigsten Gelände in möglichst waagerechter Lage zu halten, waren die Fahrzeuge mit Pendelschwingachsen und Anschlußgelenken mit Reibungsdämpfung ausgestattet, wodurch auch Verwindungen des Aufbaus vermieden oder abgeschwächt werden. In anderen Fällen war die Geländegängigkeit durch einen sinnreichen Federungsausgleich erzielt, bei dem die Achsen

[1]) Siehe S. 419 dieses Heftes.

mit schräg gestellten Schraubenfedern um das Mittelrohr des Rahmens schwingen. Auch an Schwingen aufgehängte Hohlachsen mit Torsionsabfederung waren zu diesem Zweck verwendet. Eine merkliche Gewichtsminderung war vielfach durch Leichtmetall für die Aufbauten und in einem Fall durch die Verwendung von Elektron-Blech und Elektron-Profilen für die Konstruktion, sowie von Elektron-Guß für die Hinterachsbrücke und das Deichselgestell erzielt worden.

Wehrmacht, Reichsbahn und Reichspost.

Die Wehrmacht zeigte einige ihrer Sonderfahrzeuge, eine betriebsfertige motorisierte Funkstelle, eine Zugmaschine (für 1 t Anhängelast) mit einem Panzerabwehrgeschütz, 2 Einheitsfahrgestelle der Wehrmachtspersonenwagen als Flakfahrzeuge, einen gepanzerten Spähwagen und 3 Panzerkampfwagen. Außerdem waren 2 Fahrzeuge zu sehen, die wahlweise auf Rädern oder Ketten zu fahren vermögen und schließlich in 3 Größen ein Schneepflug auf Räder- und Halbketten-Fahrgestell.

Die Reichsbahn gab in Modellen auf einer 18 m langen Modellfahrbahn einen Überblick über die hauptsächlichsten in ihrem Dienst stehenden Straßenfahrzeuge. Daneben war ein Diesel-Omnibus, ein Schnellreisewagen für die Autobahn und den Anschlußverkehr ausgestellt, der als größter Zweiachser dieser Art einen 150 PS-Motor und eine Geschwindigkeit von 100 km/h hat und 35 Personen Platz bietet. Ferner war ein dreiachsiges Transportfahrzeug für Groß- und Kleinbehälter vorhanden mit Zahnstangengewinde, Ladebrücke und Seilwinde als Hilfsvorrichtungen für die schnellere Beladung. Aus dem Park der Schienenfahrzeuge war ein Drehgestell des modernen dreiteiligen Diesel-Elektro-Schnelltriebwagens mit Motor und elektrischem Generator zu sehen[2]). Ein zweiachsiger Eilschlepper für 25 t Anhängelast mit einem 150 PS-Motor und 60 km/h Höchstgeschwindigkeit, der gezeigt wurde, soll im Fernverkehr eingesetzt werden, ebenso ein 6 t-Lastkraftwagen für Anhängebetrieb. Schließlich war noch ein Straßenfahrzeug mit 16 lenkbaren Rädern zur Beförderung von Eisenbahnwagen auf der Straße mit Schwingachsen, ein luftgesteuerter Schnellregler von Maibach für Schnellreisewagen mit 7 Vorwärtsgängen, Leerlauf und Rückwärtsgängen und einem Gangvorwähler, ein Kruppsches Strömungsgetriebe für Straßenfahrzeuge und ein neuer leichter Dieselmotor mit 2300 U/min und 120 PS Leistung für Schnellreisewagen zu sehen.

[2]) Siehe ETZ 60 (1939) H. 14, S. 431.

Die Reichspost war mit Sonderkraftwagen und Anhängern für verschiedene Sonderzwecke vertreten. Ein großer Kurswagen mit einem 120 PS-Dieselmotor fiel besonders auf. Ein mit Elektronmetall hergestellter Landpostwagen wurde zusammen mit einem Anhänger, dessen Aufbau aus Leichtmetall hergestellt war, gezeigt. Für die Alpenländer war ein Postomnibus bestimmt, der mit 120 PS Diesel ausgerüstet ist und neben guter Sicht den Reisenden alle nur denkbaren Bequemlichkeiten bietet. Als Sehenswürdigkeit konnte dann noch ein Rundfunkübertragungswagen gelten, der mit den neuesten Geräten und Meßvorrichtungen ausgestattet war und zur Überwachung der Übertragungen dient.

Die deutsche Kraftfahrforschung.

Das Reichsverkehrsministerium zeigte ihre Prüfeinrichtungen und Meßgeräte für Untersuchungen der Verbrennungsvorgänge in den Motoren und der Kraftstoffzusammensetzung sowie der Motor- und Fahrzeugteile, wie Bremsen, Kühler, Reifen usw., ferner Indiziergeräte, Oszillographen, Verschleißmaschinen, ein Fahrgestell mit Prüfungsgeräten und einen luftwiderstandsarmen Wagenkörper.

Zukünftige Entwicklung.

Wird durch die Typenbeschränkung die Entwicklung gehemmt werden? Bestimmt nicht. Die Zahl der Fragen, die zu lösen ist, der möglichen Verbesserungen und Vervollkommnungen auch bei verkleinerter Typenzahl ist noch so groß, daß derartige Befürchtungen gegenstandslos erscheinen. Im Gegenteil, es ist anzunehmen, daß sich die Forschungs- und Ausführungsarbeiten in verstärktem Maße auf die noch offenen Fragen einer beschränkten Typenzahl richten und für diese Höchstleistungen in technischer und wirtschaftlicher Beziehung zur Folge haben werden.

Richtlinien für probeweise zugelassene isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen.

VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel.

DK 621.315.3 : 621.39

VDE 0880.

Entwurf.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr.
Einspruchsfrist: 30. April 1939.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Richtlinien treten am .... in Kraft[1]).

§ 2.

Geltungsbereich.

Diese Richtlinien gelten für solche isolierten Leitungen in Fernmeldeanlagen, die probeweise zugelassen werden können, um neue Werkstoffe und neue Aufbauarten, die auf Grund sorgfältiger Untersuchungen als geeignet angesehen werden, in größerem Umfange zu erproben. Eine volle Gewähr kann für die zu erprobenden Leitungen vom Hersteller nicht übernommen werden. Nach hinreichender Bewährung können die probeweise zugelassenen isolierten Leitungen in VDE 0810/IX. 38 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen" aufgenommen werden.

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden ....

II. Allgemeines.

§ 3.

Probeweise Zulassung.

Die Geltungsdauer jeder probeweisen Zulassung wird zeitlich begrenzt. Vor Ablauf der Geltungsdauer entscheidet der VDE über die weiteren Maßnahmen unter Berücksichtigung der gesammelten Erfahrungen. (Gegebenenfalls verlängert sich die Geltungsdauer selbsttätig bis zur Bekanntgabe der Entscheidung des VDE.)

§ 4.

Allgemeine Kennzeichnung.

Leitungen, die diesen Richtlinien entsprechen, müssen einen der Herstellerfirma als Warenzeichen (Ursprungszeichen) eingetragenen Firmenkennfaden enthalten, durch den ersichtlich gemacht wird, von welchem Werk die Leitungen hergestellt sind.

Für derartige Leitungen wird durch die Prüfstelle des VDE der einfädige, rot-gelb-schwarz bedruckte Kennfaden des VDE zugewiesen.

Für das Einlegen der Kennfäden gelten die Bestimmungen in § 1 von VDE 0810 U/IX. 38 sinngemäß.

Diese Leitungen erhalten hinter dem Typenkurzzeichen das Kennzeichen „(PR)".

Die Verwendung thermoplastischer Stoffe wird im Typenkurzzeichen für die Leitungen durch den vorangestellten Buchstaben „Y" gekennzeichnet.

§ 5.

Aufbau und Eigenschaften.

Für den Aufbau und die Eigenschaften der Leitungen gilt VDE 0810 U, soweit nicht in diesen Richtlinien Abweichungen festgelegt sind.

§ 6.

Beschaffenheit der Leiter.

Als Leiter sind Aluminiumdrähte mit Kupfermantel für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen für feste Verlegung zulässig. Für die Beschaffenheit der Aluminiumdrähte mit Kupfermantel gilt VDE 0203 „Vorschriften für Aluminiumleiter mit Kupfermantel" [2]).

§ 7.

Beschaffenheit der thermoplastischen Stoffe.

Für die Beschaffenheit bzw. die Prüfung der thermoplastischen Stoffe gilt VDE 0285 „Prüfung von Leitungen und Kabeln für feste Verlegung, deren Leiterisolation oder Mäntel aus thermoplastischen Kunststoffen bestehen".

Thermoplastische Kunststoffe haben im allgemeinen die Eigenschaft, bei abnehmender Temperatur zunehmend zu erhärten und spröde zu werden und bei zunehmender Temperatur mehr und mehr zu erweichen. Daher dürfen Leitungen, die mit derartigen Stoffen aufgebaut sind, bei niedrigen Temperaturen nicht schlagartig beansprucht oder starken Biegungen ausgesetzt werden. Im oberen Temperaturbereich müssen derartige Leitungen gegen länger einwirkende Druckbeanspruchungen geschützt werden. Hierauf ist bei der Lagerung und bei der Verlegung (z. B. durch Verwendung geeigneter Schellen) Rücksicht zu nehmen.

§ 8.

Verwendungsbereich.

Probeweise zugelassene Leitungen dürfen nur in Verbindungen verwendet werden, die nicht der unmittelbaren Sicherung von Personen oder Sachwerten dienen. Insbesondere sind solche Verbindungen geeignet, die hinsichtlich ihres Betriebszustandes überwacht und leicht ausgewechselt werden können.

Der jeweilige Verwendungsbereich ist für die einzelnen Ausführungen nachstehend festgelegt, wobei insbesondere die Verlegungsart, der Temperaturbereich und die Feuchtigkeitsbeanspruchungen angegeben sind.

III. Bauart und Prüfung der isolierten Drähte.

§ 9.

Y G (PR).

YG (PR) ist zugelassen zur festen Verlegung ohne dauernde Druckbeanspruchung innerhalb eines Temperaturbereiches von — 5° bis + 50°, auch in feuchtigkeitsgefährdeten Räumen oder bei Beanspruchung durch Öl.

Die untere Temperaturgrenze kann nach der Verlegung unterschritten werden, wenn der isolierte Draht keinen mechanischen Einwirkungen ausgesetzt wird, insbesondere nicht bewegt und nicht schlagartig beansprucht wird. Dauernde Druckbeanspruchungen sind zu vermeiden.

Der Mindestdurchmesser des Leiters ist bei

Kupfer	0,5 mm,
Aluminium	0,8 mm,
Aluminium mit Kupfermantel	0,6 mm.

Kupferleiter unter 0,6 mm Dmr. und Aluminium mit Kupfermantel unter 0,8 mm Dmr. dürfen nur als Schaltdraht in den Gestellen, Vielfachumschaltern, Apparaten usw. der Fernmeldeanlagen verwendet werden.

Bei Verwendung von Kupferleitern oder von Aluminiumleitern mit Kupfermantel für Schaltzwecke kann der Leiter verzinnt sein.

Der Leiter ist mit einer nahtlosen Hülle aus thermoplastischem Stoff umgeben. Die Wanddicke der Umhüllung muß den in § 9 von VDE 0810 U/IX. 38 für die vulkanisierte Hülle festgelegten Abmessungen entsprechen.

Die isolierten Drähte können auch mehrfach verseilt sein.

YG (PR) muß in trockenem Zustand bei 20° einer Wechselspannung von 1000 V bei 50 Per/s 10 min lang standhalten. Bei Prüfung einfacher Drähte sind 2 Stücke von 2 m Länge zusammenzudrehen.

C. Bauart und Prüfung der kabelähnlichen Fernmeldeleitungen.

§ 10.

Y L P B M (PR).

Y L P B M (PR) ist zugelassen für feste Verlegung in feuchtigkeitsgefährdeten Räumen über oder unter Putz innerhalb eines Temperaturbereiches von — 5° bis + 50°. Die untere Temperaturgrenze darf nach der Verlegung unterschritten werden, wenn die kabelähnliche Leitung keinen mechanischen Einwirkungen ausgesetzt wird, insbesondere nicht bewegt und nicht schlagartig beansprucht wird. Dauernde Druckbeanspruchungen sind zu vermeiden.

Die Aderenden müssen gegen Feuchtigkeitszutritt durch ausgegossene Endverschlüsse oder durch Unterbringung in trockenen Räumen geschützt sein.

Der Aufbau der Adern und der Seele einschließlich Tränkung entspricht den Angaben in § 18 von VDE 0810 U/IX. 38.

Die zum Kern verseilten Adern sind durch eine gemeinsame Bewicklung aus mindestens einer Lage Papier, Zellulose oder Gewebeband aus Baumwolle, Misch- oder Kunstfaser zusammengefaßt. Die Bewicklung kann getränkt sein. Darüber liegt eine geschlossene Lage Blattmetall (Aluminium oder dergl.). Es folgt ein nahtlos geschlossener Mantel aus einem thermoplastischen Stoff. Für die Dicke des Mantels gelten die in Tafel I, von VDE 0810 U/IX. 38, angegebenen Bleimanteldicken.

Für die elektrischen Eigenschaften gelten die Ausführungen unter Abschnitt C, I, von VDE 0810 U/IX. 38.

§ 11.

Y G M (PR).

YGM (PR) ist zugelassen für feste Verlegung in feuchten Räumen über oder unter Putz innerhalb eines Temperaturbereiches von — 5° bis + 50°. Die untere Temperaturgrenze darf nach der Verlegung unterschritten werden, wenn die kabelähnliche Leitung keinen mechanischen Einwirkungen ausgesetzt wird, insbesondere nicht bewegt und nicht schlagartig beansprucht wird. Dauernde Druckbeanspruchungen sind zu vermeiden.

Der Aufbau der gummiisolierten Adern und der Seele entspricht den Angaben in § 16 von VDE 0810 U/IX. 38.

Die zum Kern verseilten Adern können durch ein Gewebeband aus Baumwolle, Misch- oder Kunstfaser zusammengefaßt sein. Es folgt ein geschlossener Mantel aus einer Mischung aus Bitumen und Regenerat. Darüber liegt eine geschlossene Lage Blattmetall (Aluminium oder dergl.) und darüber ein nahtlos geschlossener Mantel aus einem thermoplastischen Stoff. Für die Dicke dieses Mantels gelten die in Tafel I, von VDE 0810 U/IX. 38 angegebenen Bleimanteldicken.

Für die elektrischen Eigenschaften gelten die Vorschriften unter Abschnitt C, I, von VDE 0810 U/IX. 38.

---

[2]) In Vorbereitung.

Umstell-Vorschriften für Starkstrom-Innenraumkabel ohne Bleimantel bis 1 kV.

VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel.

DK 621.315.229.022

VDE 0270 U.

Entwurf.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr
Einspruchsfrist: 30. April 1939

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Vorschriften treten am .... in Kraft[1]).

§ 2.

Geltungsbereich.

Diese Vorschriften gelten für Innenraumkabel in Starkstromanlagen bis 1 kV, und zwar für folgende Kabelarten:

a) Für trockene Räume ohne chemisch einwirkende Gase. (Die Leiter sind mit einer Isolierhülle aus getränktem Papier umgeben. Über der Isolierhülle befindet sich eine Umhüllung aus Faserstoff- und Compoundschichten[2]), sowie eine Bewehrung aus Bandstahl, Flachdraht oder Runddraht.)

b) Für alle anderen Räume. (Die Leiter sind mit einer Isolierhülle aus Gummi umgeben. Darüber befindet sich ein gummiertes gewebtes Band. Über der Isolierhülle ist eine Bitumen-Regenerat-Hülle sowie eine Umhüllung aus Faserstoff[2]) angebracht. Darüber folgt eine Bewehrung aus Bandstahl, Flachdraht oder Runddraht und eine äußere Umhüllung aus Faserstoff-, Jute- und Compoundschichten.)

§ 3.

Verwendungsbereich.

Für die verschiedenen Kabelarten gelten folgende Verwendungsbereiche:

a) trockene Räume ohne chemisch einwirkende Gase:

NIAB: Innenraumkabel mit Al-Leiter, Papierisolierung, Umhüllung und Stahlbandbewehrung.
NIAF: Innenraumkabel mit Al-Leiter, Papierisolierung, Umhüllung und Flachdrahtbewehrung.
NIAR: Innenraumkabel mit Al-Leiter, Papierisolierung, Umhüllung und Runddrahtbewehrung.

b) alle anderen Räume:

NIAGBA: Innenraumkabel mit Al-Leiter, Gummiisolierung, Umhüllung, Stahlbandbewehrung und äußerer Umhüllung.
NIAGFA: Innenraumkabel mit Al-Leiter, Gummiisolierung, Umhüllung, Flachdrahtbewehrung und äußerer Juteasphaltierung.
NIAGRA: Innenraumkabel mit Al-Leiter, Gummiisolierung, Umhüllung, Runddrahtbewehrung und äußerer Juteasphaltierung.

Wenn die Leiter aus Kupfer bestehen wird hinter dem „I" das „A" fortgelassen, z. B. NIGBA.

Für Erdverlegung und in Bergwerken unter Tage sind diese Kabel nicht zulässig. Für die Verlegung und Montage gelten die gleichen Grundsätze wie für Bleikabel (siehe VDE 0100/N. 38, § 27).

II. Aufbau.

A. Allgemeines.

§ 4.

Kenn- und Kurzzeichen.

a) Kabel nach diesen Vorschriften müssen unter der inneren Umhüllung einen Papierkennstreifen mit laufender Firmenangabe des Herstellers und den Aufdruck VDE 0270 U enthalten. Abstände des Aufdrucks nicht größer als 30 cm.

Bei Verwendung von thermoplastischen Kunststoffen muß an Stelle dieses Kennstreifens ein im besonderen Zulassungsverfahren vom VDE erteilter Kennstreifen eingelegt werden.

b) Die Einzeladern in Mehrleiterkabeln müssen durch verschiedene Färbung gekennzeichnet sein. Die zur Kennzeichnung verwendeten Farben sind:

1. Bei papierisolierten Adern:
   2 Adern: rot — naturfarben,
   3 Adern: rot — naturfarben — blau,
   4 Adern: rot — naturfarben — blau — blau naturfarben.
2. Bei mit Gummi isolierten Adern:
   2 Adern: hellgrau — schwarz,
   3 Adern: hellgrau — schwarz — rot,
   4 Adern: hellgrau — schwarz — rot — blau,
   5 Adern: hellgrau — schwarz — rot — blau — schwarz.
   mehr als 5 Adern: alle Adern hellgrau mit Ausnahme von zwei nebeneinander liegenden Zähladern (blau und gelb) in jeder Lage.

c) Die verschiedenen Bauarten der Innenraumkabel werden mit Kurzzeichen benannt. Dem Kurzzeichen folgen Leiterzahl, Querschnittsangabe, Leiterform und zwar:
„r" für Leiter kreisförmigen Querschnitts,
„s" für Leiter sektorförmigen Querschnitts,
z. B. NIAB 3 × 95/50 s.

B. Aufbau des Leiters.

§ 5.

Beschaffenheit der Leiter.

Für die Beschaffenheit der Aluminiumleiter gilt VDE 0202 U „Umstellvorschriften für Aluminium für Elektrotechnik". Für die Beschaffenheit der Kupferleiter gilt VDE 0201 „Vorschriften für Kupfer für Elektrotechnik".

§ 6.

Zulässige Querschnitte.

Einleiterkabel sind in den Querschnitten von 4 bis 500 mm², Mehrleiterkabel in den Querschnitten von 4 bis 150 mm² zulässig. Der Durchmesser der einzelnen Drähte der Aluminiumleiter darf nicht kleiner als 1,35 mm sein (gilt nicht für Prüfdrähte).

§ 7.

Mindest-Drahtzahlen.

a) Die Mindestzahl der Drähte des Aluminiumleiters muß den Werten in Tafel I, die der Drähte des Kupferleiters den Werten in § 4 c) von VDE 0255/1937, entsprechen.

b) Prüfdrähte im Leiter sind nur in papierisolierten Einleiterkabeln zulässig. (Bei papier- oder gummiisolierten Mehrleiterkabeln können die Prüfdrähte in den Zwickeln eingelegt werden.) Der Querschnitt jedes Prüfdrahtes muß mindestens 1 mm² sein.

[1]) Genehmigt durch ....
[2]) Hierfür können auch teilweise thermoplastische Kunststoffe verwendet werden.

Tafel I. Mindestzahl der Drähte.

1	2	3	4	5
Nennquerschnitt	Papier-Isolierung			Gummi-Isolierung
mm²	Rundleiter *)	Sektorleiter	Rundleiter für Einleiterkabel mit Prüfdraht	Rundleiter
4	1	—	—	1
6	1	—	—	1
10	1	—	—	1
16	1	—	3	7
25	1	—	6	7
35	1	—	6	19
50	7	15	6	19
70	19	15	13	19
95	19	15	13	19
120	19	17	13	37
150	19	17	18	37
185	19	—	18	37
240	37	—	29	61
300	37	—	36	61
400	61	—	36	61
500	61	—	60	91

*) Querschnitte von 50 mm² und höher sind bei den papierisolierten Mehrleiterkabeln sektorförmig auszuführen.

C. Aufbau der Isolierhülle.

§ 8.

Papier-Isolation.

Bei papierisolierten Kabeln besteht die Isolierhülle aus getränktem Papier. Für ihre Dicke gelten die Werte in Tafel II, die Mittelwerte darstellen. Örtliche Abweichungen nach unten sind bis zu 0,1 mm zulässig.

§ 9.

Gummi-Isolation.

Bei gummiisolierten Kabeln ist der Leiter mit einer Gummihülle umgeben, die aus mindestens 2 Lagen Gummi verschiedener Färbung besteht. Für die Dicke dieser Hüllen gelten die Werte in Tafel II. Stellenweise darf dieser Wert unterschritten werden, jedoch um höchstens 0,1 mm + 10% der Wanddicke. Die Gummihülle ist mit gummiertem, gewebtem Band bewickelt.

Tafel II. Dicke der Isolierhülle bei Ein- und Mehrleiterkabeln (Mittelwerte).

1	2	3	4	5	6
Nennquerschnitt	Radiale Dicke in mm				
	der Papier-Isolation			der Gummi-Isolation	
mm²	Einleiterkabel	Mehrleiterkabel Leiterisolation	Mehrleiterkabel Gürtelisolation	Einleiterkabel	Mehrleiterkabel
4	1.2	0.8	0.4	1.5	1.0
6	1.2	0.8	0.4	1.5	1.0
10	1.2	0.8	0.4	1.7	1.2
16	1.2	0.8	0.4	1.7	1.2
25	1.5	0.9	0.6	2.0	1.4
35	1.5	0.9	0.6	2.0	1.4
50	1.5	0.9	0.6	2.3	1.6
70	1.5	0.9	0.6	2.4	1.6
95	1.5	0.9	0.6	2.6	1.8
120	1.5	0,9	0.6	2.6	1.8
150	1.7	1.1	0.6	2.8	2.0
185	1.7	—	—	3.0	—
240	2.0	—	—	3.2	—
300	2.0	—	—	3.4	—
400	2.0	—	—	3.7	—
500	2.2	—	—	4.0	—

§ 10.

Mehrleiterkabel mit Gummi-Isolation,

Bei Mehrleiterkabeln mit Gummi-Isolation sind die isolierten Einzeladern verseilt und mit einer Bitumen-Regenerat-Mischung so umpreßt, daß die Hohlräume ausgefüllt sind. Die Dicke dieses Mantels zwischen der Isolierhülle und der Umhüllung muß den Werten der Tafel III entsprechen. Stellenweise darf dieser Wert unterschritten werden, jedoch höchstens um 0,1 mm + 15% der Wanddicke.

Tafel III. Dicke des Bitumen-Regenerat-Mantels (Mittelwerte)

1	2	1	2
Durchmesser über den verseilten Adern mm	Dicke des Mantels mm	Durchmesser über den verseilten Adern mm	Dicke des Mantels mm
15	1.2	35	2,0
20	1.4	40	2,2
25	1.6	45	2,4
30	1.8	50	2,6

D. Innere Umhüllung.

§ 11.

Für die Dicke der Hülle bei Aufbau aus einem getränkten Gewebeband als innerste Lage, mehreren abwechselnden Lagen zähflüssigen Compounds und vorgetränkten Faserstoffs gelten die Werte in Tafel IV, die Mittelwerte darstellen. Abweichungen nach unten sind bis zu 20% zulässig.

Wird eine derartige Hülle auf ein papierisoliertes Kabel aufgebracht, so ist über dem Gewebeband zunächst eine abdichtende, gewickelte Trennschicht vorzusehen.

Tafel IV. Dicke der inneren Umhüllung (Mittelwerte).

1	2	3	4	5	6
	bei papierisolierten Kabeln über der Gürtelisolation			bei gummiisolierten Kabeln über dem Bitumen-Reg.-Mantel	
Durchmesser unter der inneren Umhüllung in mm . .	bis 25	bis 35	über 35	bis 35	über 35
Dicke d. inneren Umhüllung*) in mm	2,8	3,3	3,8	2,0	2,3

*) Diese Umhüllung kann teilweise durch Kunststoffe ersetzt werden, jedoch muß unmittelbar unter der Bewehrung eine Schicht aus abwechselnden Lagen zähflüssigen Compounds und vorgetränkten Faserstoffes von mindestens ⅓ Dicke der obengenannten Werte sein. Bei Verwendung von thermoplastischen Kunststoffen ist VDE 0285/II. 38 einzuhalten.

E. Bewehrung und äußere Umhüllung.

§ 12.

a) Die Bewehrung besteht aus zwei wendelförmig aufgebrachten Lagen Stahlband. Die Dicke dieser Bänder ergibt sich aus Tafel V.

b) In trockenen Räumen ohne chemisch einwirkende Gase sind diese Kabel nach der Verlegung mit einem Rostschutzanstrich zu versehen.

c) Für alle anderen Räume müssen derartige Kabel folgende äußere Umhüllung haben:

zähflüssiger Compound + 1 Lage vorgetränkter Faserstoff +
zähflüssiger Compound + 1 Lage vorgetränkter Faserstoff +
zähflüssiger Compound + 1 Lage Jute + harter Compound.

Für die Dicke der äußeren Umhüllung gelten die Werte in Tafel V, die Mittelwerte darstellen. Abweichungen nach unten sind bis zu 20% zulässig.

d) Für Flach- und Runddraht gelten die gleichen Angaben bezüglich Abweichungen in den Abmessungen und des Schutzes in trockenen und feuchten Räumen.

Tafel V. Dicke der Stahlbänder und der äußeren Umhüllung (Maße in mm.)

1	2	3
Durchmesser unter Bewehrung	bis 15	über 15
Stahlband-Bewehrung . . .	je 0.3	je 0.5
Äußere Umhüllung	2	2.5

III. Prüfbestimmungen.

§ 13.

Alterungsprüfung der Gummihülle.

Die Gummihülle der Leiter ist nach Fertigstellung folgender Alterungsprüfung zu unterwerfen:

Probestücke werden in einem Wärmeschrank mit zirkulierender Luft 7 × 24 h ununterbrochen auf einer Temperatur von 70 ± 2° gehalten. Die Erwärmung ist an der Ader ohne Band, aber mit dem Leiter vorzunehmen.

Die Feststellung der mechanischen Eigenschaften nach der Erwärmung hat frühestens 24 h nach dem Herausnehmen aus dem Wärmeschrank zu erfolgen.

Vor und nach der Erwärmung muß die Gummihülle eine Zugfestigkeit von mindestens 50 kg/cm² und eine Bruchdehnung von mindestens 250% der Anfangslänge bei einer Meßlänge von 2 cm aufweisen.

§ 14.

Spannungsprüfung der Isolation.

a) Die Kabel werden in der Fabrik mit der aus Tafel VI, Spalten 4 und 5, ersichtlichen Wechselspannung geprüft. Schaltung und Prüfdauer sind in Spalten 2, 3 und 6 angegeben. Die Prüfung der Kabel nach betriebsfertiger Verlegung erfolgt nach Tafel VI, Spalten 7 bis 9.

b) Prüfdrähte werden mit 1,25 kV gegen Leiter und Stahlbewehrung 30 min lang geprüft.

c) Zur Feststellung der mechanischen Widerstandsfähigkeit kann folgende Biegeprüfung an den für eine Verwendung in ungeschützter Lage vorgesehenen] Kabelarten ausgeführt werden:

Ein bewehrtes Kabelstück von höchstens 5 m Länge ist bei Raumtemperatur (etwa 15°) über einen Kern vom Durchmesser *D* aufzuwickeln, wieder abzuwickeln und gerade zu richten, darauf in entgegengesetzter Richtung aufzuwickeln und gerade zu richten. Nach dreimaliger Ausführung dieser Biegeprüfung soll das Stück die Prüfung in der Fabrik nach Tafel VI, Spalten 4 und 5, aushalten. Der Kerndurchmesser *D* ist bei Einleiterkabeln das 25 fache, bei Mehrleiterkabeln das 15 fache des Kabeldurchmessers.

Bei Verlegung mehrerer Kabel nebeneinander soll der Abstand der Kabel voneinander mindestens die einfache Kabeldicke, bei Verlegung übereinander mindestens die doppelte Kabeldicke (jedoch nicht geringer als 3 cm) sein.

Bei engerer Zusammenlegung und bei Verlegung von Kabeln in Kanälen oder in der Nähe von Heizrohren muß die zulässige Belastbarkeit von Fall zu Fall festgelegt werden. Das gleiche gilt für aussetzenden Betrieb.

Tafel VII. Belastungstafel für Aluminium-Einleiter-Gleichstromkabel, Zweileiter-, Drei- und Vierleiterkabel.

1	2	3	4
Nennquerschnitt	Belastbarkeit in Ampere		
mm²	Einleiterkabel	Zweileiterkabel	Drei- und Vierleiterkabel
4	35	28	24
6	45	35	32
10	62	50	45
16	85	65	60
25	110	85	75
35	140	105	95
50	175	130	115
70	215	160	145
95	260	190	175
120	305	220	200
150	350	255	230
185	395	—	—
240	465	—	—
300	535	—	—
400	635	—	—
500	725	—	—

Für Innenraumkabel mit Kupferleiter gelten die Werte in § 10, Tafel VII, von VDE 0255/1937 abzüglich 30%.

Tafel VI. Prüfspannungen und Prüfzeiten.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kabelart	Kabelbild	Schaltung *)	Prüfung in der Fabrik			Prüfung nach der Verlegung		
			mit Wechselspannung für Papier V	mit Wechselspannung für Gummi V	Prüfdauer min	mit Wechselspannung V	mit Gleichspannung V	Prüfdauer min
Einleiterkabel		1 gegen Stahlbewehrung	6000	4000	30	2000	4000	60
Zweileiterkabel		a) 1 gegen 2	4000	2500	15	1500	3000	30
		b) 1+2 gegen Stahlbewehrung	6000	4000	15	1500	3000	30
					zus. 30			zus. 60
Dreileiterkabel		a) 1+2 gegen 3+Stahlbewehr.	4000	2500	10	1500	3000	20
		b) 1+3 gegen 2+Stahlbewehr.	4000	2500	10	1500	3000	20
		c) 2+3 gegen 1+Stahlbewehr.	4000	2500	10	1500	3000	20
					zus. 30			zus. 60
		oder anstelle von a) bis c)						
		d) 1+2+3 gegen Stahlbewehr.	6000	4000	15	1500	—	30
		e) 1 gegen 2 gegen 3	4000	2500	15	1500	—	30
					zus. 30			zus. 60
Vierleiterkabel		a) 1+3 gegen 2+4	4000	2500	15	1500	3000	30
		b) 1+2 gegen 3+4	4000	2500	15	1500	3000	30
		c) 1+2+3+4 gegen Stahlbewehrung	6000	4000	10	1500	3000	20
					zus. 40			zus. 80

*) Metallene Trennschutzschichten sind nicht anzuschließen.

IV. Belastbarkeit.

§ 15.

a) Der Belastungstafel VII ist eine Leiterübertemperatur von 35° bei einer Umgebungstemperatur von 20° zugrunde gelegt, ferner eine Verlegung der Kabel in einem ausreichenden Abstand voneinander.

b) Für höhere Umgebungstemperaturen gelten die Umrechnungswerte nach Tafel VIII.

Tafel VIII. Belastbarkeit bei höherer Umgebungstemperatur.

1	2	3	4	5
Umgebungstemperatur . . .	25°	30°	35°	40°
Umrechnungswert	0,92	0,85	0,75	0,65

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.314.22.027.3 : 621.316.13.052.4

Einbau eines großen Längs- und Querumspanners in ein vermaschtes Ringnetz. [Nach N. J. Lyman u. J. R. North, Electr. Engng. 57 (1938) Trans. Sect. S. 579; 10 S., 11 Abb.]

Für den Entwurf des bereits an anderer Stelle[1]) beschriebenen 20000/40000 kVA-Längs- und Querumspanners[2]) im Unterwerk Valley an der 66 kV-Kuppelstelle zwischen den 66/132 kV-Maschennetzen der Duquesne Light Company und Pennsylvania Power Company (V. S. Amerika) wurden im Oktober 1936 bei hoher Netzbelastung zahlreiche Versuche und Messungen durchgeführt. An verschiedenen Punkten der ausgedehnten Netze eingebaute Meßinstrumente lieferten Spannungs-, Wirk- und Blindleistungsmessungen bei allen möglichen Schaltzuständen der Netze. Schreibende Meßgeräte an der Kuppelstelle im Unterwerk Valley (Einbauort des Reglers) dienten dazu, außer der Wirk- und Blindleistung auch den Phasenwinkel zwischen den Spannungen bei geöffnetem Kuppelschalter zu messen. Als Winkelschreiber wurde ein Leistungsschreiber benutzt; seine Spannungsspule war über einen die Spannung um 90° drehenden Meßwandler an die Spannung des Netzes der Pennsylvania Power Company angeschlossen, seine Stromspule von dem Strom durchflossen, den die Spannung des Netzes der Duquesne Light Company in gleichbleibender Höhe über einen ohmschen Widerstand lieferte. Der Leistungsschreiber zeigte somit Null, wenn sich die Spannungen beider Netze in Phase befanden; seine Ausschläge wurden unter Zuhilfenahme der Angaben schreibender Strom- und Spannungsmesser ausgewertet. Die Phasenwinkeländerung über den Verlauf einer Woche zeigt Abb. 1. Die periodische Änderung des Winkels um etwa 5 el. Grad 18 mal je Minute nach Abb. 2 ist offenbar auf die Schwingung des synchronisierenden Momentes durch die Eigenfrequenz der Verbundnetze zurückzuführen. Die gemessenen Winkel stimmten mit den errechneten durchweg gut überein. [Anm. der Ber.: Für die Bemessung des Reglers einfacher und zweckmäßiger, weil die Spannungs-Phasenwinkel hierbei nur mittelbar interessieren, ist das von Erich Schulze angegebene Verfahren[3]) zur unmittelbaren Ermittlung der Längs- und Querspannungen.]

Abb. 1. Wöchentlicher Verlauf des gemessenen Phasenwinkels zwischen den Spannungen der Netze an der 66 kV-Kuppelstelle Valley-Unterwerk (Phasenlage der Spannung der Duquesne Light Co.)

Abb. 2. Schreibstreifen des Winkel-Schnellschreibers im Valley-Unterwerk. Spannung der Duquesne Light Co. nacheil.

Zwischen den Ausgleichleistungen über die geschlossene Kuppelstelle Valley-Unterwerk und den Spannungs-Phasenwinkeln bei offener Kuppelstelle ergab sich eine bemerkenswerte Abhängigkeit insofern, als die Ausgleichleistung je Grad Winkelabweichung 800 kW (bei kleinen Winkeln) bis herab zu 500 kW (bei sehr großen Winkeln) betrug.

Der Winkel, den ein Regler auszuregeln hat, setzt sich zusammen aus 1. dem „natürlichen" Winkel, der sich ergibt aus dem Generatoreneinsatz und den Belastungen in den Einzelnetzen, und 2. dem Winkel, der erforderlich ist, um den gewollten Leistungsfluß auszusteuern (Steuerwinkel). Bei Ermittlung des „natürlichen" Regelwinkels mußten auch die zukünftigen Netzbelastungen und Kraftwerkseinsätze (Erweiterungen der Werke Reed, Springdale und New Castle) berücksichtigt werden. Dabei waren, um zu wirtschaftlichen Abmessungen des Reglers zu gelangen, alle Zustände unterhalb einer bestimmten Grenzbetriebsdauer außer acht zu lassen. Abb. 3 a zeigt die bei den Messungen im Oktober 1936 festgestellte Häufigkeitskurve für den „natürlichen" Winkel an den Werktagen Montag bis Freitag (8^{00} bis 20^{00}); er umfaßte den Bereich von 0 bis 22 el. Grad und trat am häufigsten mit Werten zwischen 11 und 13 el. Grad auf. Sein zukünftiger dichtester Normalwert in dieser Zeit wurde mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsberechnung zu +6,4 el. Grad, sein größter Wert zu +20 el. Grad ermittelt (s. Abb. 3 b). Der zusätzliche Winkel zur Steuerung der Austauschleistung von 20 000 kVA über die Kuppelstelle errechnete sich, seine geringe Abhängigkeit vom Leistungsfaktor der Belastung vernachlässigt, nach der Beziehung $\alpha° = \frac{N \cdot X \cdot 0{,}057}{U^2}$ zu 8 el. Grad (mit Spannungsabfall im Regler 13 el. Grad), der größte gesamte Regelwinkel somit zu 28 Grad. In der genannten Beziehung ist N die Leistung in kW, X die Netzreaktanz in Ohm, U die Übertragungsspannung in kV und $0{,}057 = \frac{1}{1000 \cdot \sin 1°}$. Eine Austauschleistung von 40 000 kVA im entgegengesetzten Sinne erforderte, weil die Spannung im Netz der Pennsylvania Power Company der Spannung im Netz der Duquesne Light Company im allgemeinen vorauseilte, einen kleineren Winkel. Deshalb wurde, um einen billigen Regler zu erhalten, die Wicklung des Reihenumspanners im Zuge der 66 kV-Kuppelleitung in zwei Hälften unterteilt, die sich im unbelasteten Zustand von außen in Reihe und parallel schalten lassen. Parallelschaltung der Hälften, die in Reihe 20 000 kVA bei 28 el. Grad lieferten, ergab 40 000 kVA Durchgangsleistung bei einem ausreichenden Regelbereich von 15 el. Grad.

a Meßergebnisse Oktober 1936
b voraussichtlicher zukünftiger Verlauf

Abb. 3. Dauerlinie des „natürlichen" Winkels zwischen den Spannungen der Duquesne Light Company und der Pennsylvania Power Company bei unbelasteter (offener) Kuppelstelle von Montag bis Freitag einschließl. (8^{00} bis 20^{00}).

[1]) Electr. J. 35 (1938) S. 375; Ber. ETZ 60 (1939) H. 13, S. 398.
[2]) Vgl. a. ETZ 50 (1929) S. 521; 55 (1934) S. 1054 u. S. 1075; BBC-Nachr. 17 (1930) S. 304; Siemens-Z. 12 (1932) S. 132; Elektrotechn. u. Masch.-Bau 49 (1931) S. 513, 52 (1934) S. 297; VDE-Fachber. 7 (1935) S. 18; Trans. Amer. Inst. electr. Engrs 49 (1930) S. 825; Electr. Engng. 57 (1938) S. 16.
[3]) VDE-Fachber. 7 (1935) S. 20; Elektrizitätswirtsch. 36 (1937) S. 446. DRP Nr. 629 703.

Bei Steuerung von 20 000 kVA Austauschleistung durch einen Steuerwinkel von insgesamt 13 el. Grad (8 el. Grad für die Netze, 5 el. Grad für den Regler) betrug die Steuerleistung je el. Grad rd. 1500 kW. Die gewählte Stufenregelung durch Lastschalter um 2 el. Grad je Stufe ergab somit den für die Netze noch zulässigen Wert von rd. 3000 kW je Stufe. *H. Schz.*

Geräte und Stromrichter.

DK 621.314.63 : 621.39

Trockengleichrichter in Stromversorgungsanlagen. Nach B. Stange, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 27 (1938) S. 363; 11 S., 12 Abb.]

Der Verfasser bringt zunächst einen allgemeinen Überblick, wie diese jüngste Gleichrichterart, nachdem sie ihre Brauchbarkeit in der Hochfrequenztechnik bewiesen hat, seit einiger Zeit auf dem Gebiete der Tonfrequenz in Modelungs- und Meßschaltungen Eingang gefunden hat und jetzt in der Starkstromtechnik das Gebiet erobert hat, auf dem die anderen Gleichrichterarten keine befriedigende Ergebnisse erzielt haben.

T Trockengleichrichter
G Glühkathodengleichrichter
Q Quecksilberdampfgleichrichter

1) geeignet für Dauerbetrieb
2) geeignet für schwachen Betrieb
3) arbeitet etwas wirtschaftlicher, aber weniger betriebssicher
4) arbeitet etwas unwirtschaftlicher, dafür aber betriebssicherer
5) etwa gleichwertig

Abb. 4. Die Anwendungsbereiche der Gleichrichterarten.

Als zulässige Spannungsbelastung wird für Selengleichrichter 20 bis 25 V, für Kupferoxydulplatten etwa 5 bis 9 V und für Hochspannungsgleichrichter mit Kupferoxydul 25 V Scheitelspannung angegeben. Die Strombelastbarkeit wird bei Kupferoxydulplatten ohne besondere Kühlung mit 50 mA/cm² bei Platten für hohe Sperrspannung mit 30 mA/cm² und bei Anwendung von künstlicher Kühlung für beide Gleichrichterarten mit etwa 150 mA/cm² unter Hinweis auf den Zusammenhang zwischen Strombelastung, Erwärmung und Alterungsgeschwindigkeit angegeben.

Der Wirkungsgrad der Gleichrichter wird formelmäßig in der Gleichung $\eta = 1 - \frac{I}{I_k} - \frac{I_s}{I + I_s}$ erfaßt. Hierbei ist I der Strom, I_k der Kurzschlußstrom, I_s der Sperrstrom. In dieser Formel sind die Verluste in den Hilfsgeräten (Drosseln und Steuergeräten) nicht miteinbezogen. Bei mittlerer Ausnutzung ist der Wirkungsgrad bei neuen Gleichrichtern über 70 %, er fällt aber nach beendeter Alterung der Platten um etwa 10 %. Die entstehenden Verluste setzen sich in Wärme um. Die höchstzulässige Betriebstemperatur wird für Kupferoxydulgleichrichter mit 50° C und für Selengleichrichter mit 75 bis 85° C angegeben. Wenn auch kurzzeitige Überlastungen um 100 % durchaus zulässig sind, so tritt doch die Zerstörung der Gleichrichter durch längere Überlastung, d. h. Überschreiten der Temperaturgrenze, ein. Bei Kupferoxydulgleichrichtern äußert sich eine Überlastung durch Zunahme des Widerstandes in der Durchlaßrichtung und dadurch starke Verringerung des Wirkungsgrades; bei Selengleichrichtern kann die Gegenelektrode schmelzen und das Gleichrichterelement kurzschließen, oder das Selen ändert sein Gefüge, so daß der Wirkungsgrad sinkt. Bei Spannungsüberlastungen treten bei Selengleichrichtern bei Spannungen von 30 bis 40 V je Platte plötzliche Durchschläge auf. Bei Vermeidung der Spannungs- und Stromüberlastungen ist die Lebensdauer sehr lang. Auch beim Regelbetrieb altern beide Gleichrichterarten durch Zunahme des Vorwiderstandes bei beiden und Abnahme des Sperrwiderstandes bei Kupferoxydulgleichrichtern. Über das Ausmaß der Alterung liegen noch keine abgeschlossenen Erfahrungen vor. Jedoch soll nach etwa 2000 Betriebsstunden und Rückgang des Wirkungsgrades um 10 % die Alterung zur Ruhe kommen. Im Dauerversuch arbeiten Trockengleichrichter bisher schon über 20 000 Stunden, wobei die Alterung völlig zur Ruhe gekommen ist.

Bei einem Vergleich für verschiedene Umformmöglichkeiten unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit und Betriebsgüte zeigt die Abb. 4 die günstigsten Anwendungsbereiche der Trocken-, Glühkathoden-, und Quecksilberdampfgleichrichter. Die Deutsche Reichspost hat zum Laden und Puffern von Heizbatterien mit 12 und 24 V Spannung in einem großangelegten Versuch Trockengleichrichter an Stelle von Maschinenumformern eingesetzt. Der Trockengleichrichter hat sich vor allem in Fernsprechvermittlungsanlagen ohne ständige Bedienung gegenüber den anderen Gleichrichterarten gut bewährt und bei solchen Anlagen allgemein Eingang gefunden. In den Verstärkerämtern wird er versuchsweise an Stelle der Maschinenumformer zur Lieferung der Heiz- und Anodenspannungen für kleine und mittlere Verstärkerämter eingesetzt; Einheiten bis 600 A bei 12/17 V werden hierzu für Heizzwecke verwendet. Die Vorteile des Einsatzes der Trockengleichrichter als Netzanschlußgerät in der Telegraphie werden an Hand der Schaltungen des Telegraphen Schienengleichrichters und des geregelten Telegraphengleichrichters sowie des Schemas des vereinigten Telegraphen- und Tonradgleichrichters beschrieben. Zum Schluß werden die Vor- und Nachteile der beiden Trockengleichrichterarten gegenübergestellt. *Lz.*

DK 621.314.653

„Sendytron", Type A, ein Entladungsrohr mit neuartiger Lichtbogenzündung. [Nach Y. Watanabe, H. Kasahara und Y. Nakamura, Electrotechn. J., Tokio, 2 (1938) S. 180; 5 S., 17 Abb.]

Eines der ältesten Verfahren der Lichtbogenzündung an der Quecksilberkathode eines Glasgleichrichters besteht darin, daß ein in Höhe der Kathodenoberfläche an die Glaswand außen angelegter leitender Belag mittels eines Funkeninduktors aufgeladen wird. Die Verfasser untersuchten experimentell die Abhängigkeit der notwendigen Zündspannung von der Wandstärke des Glases und fanden, daß bei 0,1 bis 0,2 mm nur 1 bis 3 kV zur sicheren Zündung erforderlich seien. Sie fertigten sich eine entsprechende Glashohlkugel von 15 bis 20 mm Dmr., füllten sie mit Kohlepulver und ließen sie zur Hälfte in den Kathodenspiegel eintauchen. Über eine isolierte Zuleitung und hochohmige äußere Widerstände wurde eine phasengeregelte Wechselspannung angelegt. Damit konnte in jeder positiven Anodenhalbwelle der Kathodenfleck sicher gezündet werden. Zur Zündung notwendige Energie bei 150 V Anodenspannung wird bei 15° C zu mehreren Watt, bei 30° C zu 1 W angegeben. Als Bezeichnung für ein derart ausgeführtes Entladungsrohr wird von den Verfassern Sendytron vorgeschlagen. Es kann als Ventil mit Kathode und fester oder flüssiger Anode oder als Schalter mit zwei zündbaren Quecksilber-Elektroden ausgebildet sein. [Anm. d. Ber.: Die Bedeutung der Bezeichnung Type A ist nicht ersichtlich.]

Das Sendytron soll die gleichen Aufgaben wie ein Ignitron erfüllen. Gegenüber diesem bestünden jedoch verschiedene Vorteile. So sei die Zündenergie des Ignitrons 100fach höher, ferner verschlechtere sich die Wirkung des von der dünnen Glaswand geschützten Sendytronzünders im Gegensatz zum Ignitronzünder nicht durch die Berührung mit dem Kathoden-Quecksilber. Ein Sendytron wurde mit Stromstößen bis 3000 A geprüft. Eine U-förmige Ausführung mit zwei Hg-Elektroden und zwei phasengeregelten Zündern wird als Schalter für Widerstandsschweißung empfohlen. Andere Anwendungsmöglichkeiten sollen später veröffentlicht werden. [Anmerk. d. Ber.: Das Verfahren der Kathodenzündung mit dünnwandigem Zündröhrchen inmitten des Quecksilberspiegels, dessen Innenbelag an Wechselspannung gelegt wird, ist für Deutschland nicht mehr neu.] *v. I.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.755.014.3 + .015.3

Betrachtungen über die Aufzeichnung einmaliger Vorgänge mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen. [Nach M. Théodore Vogel, Bull. Soc. franç. Electr. 8 (1938) S. 961; 19½ S., 4 Abb., 2 Tab.]

Die Anwendung der Kathodenstrahlröhre mit niedriger Spannung und Glühkathode beschränkt sich vornehmlich auf die Untersuchung periodischer Vorgänge; der Kathodenstrahl-Oszillograph wird für die einmaligen Vorgänge herangezogen. Bei dem ersteren Gerät kann durch mehrmaliges Überschreiben des Leuchtschirmes ein genügender Lichteindruck für die photographische Platte stets erreicht werden, und ferner sind durch die Erfassung einer Reihe von Perioden Störungen infolge des Schalt- oder Kippvorgangs weitgehend ohne Wirkung. Dagegen treten beim Kathodenstrahl-Oszillographen durch die im Versuchsaufbau begründeten Kopplungen und Fremdfelder Störungen bis zu einem gewissen Grade immer auf, und es muß wegen der sehr kurzen Dauer des Vorgangs eine ausreichende Strahlintensität für die Aufzeichnung vorhanden sein. Das Arbeiten mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen stellt hohe Anforderungen beim Entwurf geeigneter Schaltungen und bei der Kritik des erhaltenen Ergebnisses.

Th. Vogel versucht in der vorliegenden Arbeit nach zwei Richtungen hin die Anwendbarkeit des Oszillographen bei einmaligen Vorgängen zu verfolgen: 1. mit welcher maximalen Geschwindigkeit kann eine Aufnahme geschrieben werden, a) mit Rücksicht auf die notwendige Meßgenauigkeit, b) vom phototechnischen Standpunkt aus? 2. Welcher Apparat wird die unter 1. gestellten Aufgaben erfüllen? Ein in rechtwinkligen Koordinaten der Zeit-Vorgangsabhängigkeit geschriebenes Oszillogramm wird in seinen Ordinatenangaben y infolge unvermeidlicher Störungen die Meßwerte nur bis auf einen gewissen Prozentsatz η richtig anzeigen (absolute Fehlanzeige $\eta\,y$). Man kann daher unbekümmert einer weiteren Verringerung der Meßgenauigkeit mit der Schriftstärke e auf das Maß $e = \eta\,y$ gehen. Wird eine bestimmte Genauigkeit η_1 erreicht, so soll das Oszillogramm mindestens $y_1 = e/\eta_1$ hoch sein. Wenn die Zeitablenkung auf die gleiche Weise wie die Vorgangsablenkung bewirkt wird, gelten dieselben Betrachtungen auch für die maximale Abszisse. Für die übliche Meßgenauigkeit von 1% und eine Schriftstärke von 0,5 mm muß also das Oszillogramm mindestens in einem Quadrat von $50 \cdot 50\ mm^2$ geschrieben sein. Wendet man ähnliche Überlegungen auf die noch auswertbare maximale Neigung des Kurvenzuges gegen die Abszisse an, so ergibt sich $p_{max} = 1/\eta$. Die maximale Geschwindigkeit des Kathodenstrahles wird dadurch auf $V = y^2/e\,T$ begrenzt (T Kippzeit im Normaloszillogramm). Für die normalen Verhältnisse folgt somit:

T	µs	0,1	1	10	100	—	—
T	ms	—	—	—	0,1	1	10
V	km/s	50 000	5000	500	50	5	0,5

Die im Schrifttum vorhandenen Beispiele kathodenoszillographischer Aufnahmen lassen sich in vier Hauptklassen einreihen: 1. Schaltvorgänge von 0 bis 7 km/s, 2. Stoßuntersuchungen von 2 bis 200 km/s, 3. Wanderwellen von 100 bis 500 km/s und 4. Elektrische Entladungen von 200 bis 1500 km/s.

An Aufnahmeverfahren in der Kathodenoszillographie gibt es zwei: a) direkte Einwirkung der Elektronen auf die Photoschicht; b) Photographie der Leuchtspur auf dem Schirm. In das erstere Verfahren ist die Anwendung des Lenardfensters bei Strahlspannungen über 60 kV eingeschlossen. Angenähert gilt für beide Aufnahmeverfahren, daß ein gutes Oszillogramm um so eher erhalten wird, je höher die Spannung und Stromstärke des Elektronenstrahles und je geringer der Strahlquerschnitt und die Kippgeschwindigkeit ist. Das Verfahren b besitzt gegenüber dem Verfahren a nur den halben Anwendungsbereich. Der Verfasser scheut nicht, die recht verwickelten Vorgänge, welche für die photographische Wirkung des Kathodenstrahles sowie für seinen Leuchtfleck auf dem Schirm maßgebend sind, dem Leser näher zu bringen.

Die Entscheidung für einen bestimmten Oszillographentyp läßt sich auf Grund der obigen Betrachtungen treffen. Nach Ansicht des Verfassers wird die Anwendbarkeit der abgeschmolzenen Kathodenstrahlröhre mit Glühkathode zur Aufnahme einmaliger Vorgänge in der Klasse 1 und 2 (s. o.) vielfach unterschätzt, zumal sie doch gegenüber der umfangreichen Apparatur des Dufour-Rogowski-Oszillographen wesentliche Vorteile (transportabel, einfache Bedienung, niedriger Preis, Gittersteuerung) besitzt und durch die Entwicklung zur Fernsehröhre wesentliche Verbesserungen bezüglich Intensität, Feinheit der Schrift und Leuchtstärke des Schirmes erfahren hat.

Die vorliegende Arbeit stellt eine Zusammenfassung des Schrifttums der letzten Jahre unter teilweise ganz neuen Gesichtspunkten dar. Erfreulicherweise finden auch die Errungenschaften der deutschen Forschung, die auf dem Gebiete der Hochleistungs-Oszillographen von der Aachener Schule führend vertreten wird, weitgehende Beachtung. (Der Ber.: Leider wird aber eher einer guten Durchschnittsleistung als der Forderung nach Höchstleistung das Wort geredet, anknüpfend natürlich an obige Genauigkeitsbetrachtungen. So erfährt der sechzehn Jahre alte Dufour-Oszillograph fast eine bessere Beurteilung als der Rogowski-Oszillograph, der bequem 30 000 km/s und 0,1 mm Schriftstärke geleistet hat. Dagegen könnte man aber gerade angesichts dieser Höchstleistung zur weiteren Vervollkommnung der Zusatzapparate und größtmöglichen Beeinflussungsfreiheit anfeuern). *H. Bkr.*

DK 621.317.39 : 529.781

Elektrische Uhrgang-Prüfgeräte (Zeitwaagen). [Nach A. W. Krause, Horological J. 80 (1938) S. 10; 7 S., 10 Abb.]

Seit einigen Jahren sind in den Hauptländern der Uhrenherstellung, insbesondere Deutschland, Schweiz, Frankreich und V. S. Amerika, neuartige Prüfgeräte entwickelt worden, mit denen die Bestimmung des „Ganges" einer Uhr, der sonst als Differenz von zwei „Stand"-Ablesungen in längeren Abständen, im allgemeinen an zwei aufeinanderfolgenden Tagen, errechnet wird, auf ganz kurze Zeit von wenigen Sekunden vereinfacht und beschleunigt wird. Der Gang einer Uhr ist nun freilich keineswegs im Laufe des Tages gleichbleibend, sondern ändert sich je nach dem Aufzugszustand der Zugfeder u. U. erheblich, so daß also der mit solchen Maschinen ermittelte „momentane" Gang von dem als Mittelwert anzusehenden „täglichen Gang" abweicht. Trotzdem ist diese Bestimmung für die Serienfabrikation billigerer Uhren, wobei durch angelernte Arbeitskräfte rasch die Uhren auf einen ungefähren mittleren Gang eingestellt werden können, eine sehr große Arbeitserleichterung. Durch selbsttätige Aufzeichnung der so gemessenen momentanen Gänge ist es aber auch möglich geworden, wissenschaftliche Prüfungen hochwertiger Uhren vorzunehmen und auch einzelne Fehlerquellen zu analysieren.

Der Verfasser gibt eine sehr anschauliche Übersicht über die verschiedenen bisher hergestellten Geräte dieser Art und ihre Arbeitsweise; er unterscheidet dabei, ohne daß der Berichter ganz dieser Gruppierung folgen kann, zwischen „subjektiven" und „objektiven" Geräten. Zu den letzteren zählt er z. B., wohl nicht ganz mit Recht, rein akustische Verfahren, bei denen der Schlag der Uhrhemmung, durch Mikrophone, Verstärker und Lautsprecher erheblich verstärkt, abgehört wird, um entweder aus der Art der Geräusche rein erfahrungsmäßige Schlüsse auf bestimmte Werkfehler ziehen zu können oder durch Vergleich mit der Schlagfolge einer Normaluhr nach dem „Koinzidenzverfahren", d. h. Abzählung der Schläge, bis der Schlag der Normaluhr genau mit dem der Prüfuhr zusammenfällt, den Gang zu bestimmen. Das Verfahren ist wohl sehr genau, aber anstrengend und auch ziemliche Zeit in Anspruch nehmend, vor allem bei kleinen Differenzen. Ein rascher arbeitendes „objektives" Verfahren ist das stroboskopische (französische „Lepaute"-Zeitwaage und die amerikanische „Paulson"-Zeitwaage), wobei z. B. hinter einer durchscheinenden Scheibe eine kreisförmige Neonröhre angeordnet ist, die durch die Schläge der Prüfuhr in raschen Folgen kurzfristig zum Aufleuchten gebracht wird. Die Anordnung der „Lepaute"-Zeitwaage ist z. B. so getroffen, daß ein Zeiger vor der Scheibe umläuft, dessen Antriebswerk durch eine Uhr synchronisiert wird. Bei gleichem Gang beider Uhren scheint das Bild des Zeigers stillzustehen, während bei Gangunterschieden eine Abweichung in der einen oder anderen Richtung vorhanden ist, die an einer Skala direkt in Sekunden täglicher Gangabweichung abgelesen werden kann. Die verschiedenen stroboskopischen Geräte unterscheiden sich vor allem durch die Art des Antriebes und der Synchronisierung.

Unter den subjektiven Geräten wird zuerst das von dem Schweizer Straumann vorgeschlagene Gerät genannt, das erstmalig die Bezeichnung „Zeitwaage" erhielt, und das der Verfasser als ein „integrierendes" Gerät bezeichnet, da hier nicht alle einzelnen Uhrschläge erfaßt bzw. aufgezeichnet werden: hier bringt der Phasenunterschied der Uhrschläge, die z. B. durch Mikrophon von der Prüfuhr aufgenommen, durch Kon-

takte von der Normaluhr erzeugt, einer Schaltung von gittergesteuerten Gleichrichtern und Verstärkern zugeführt werden, einen hochgedämpften Stromzeiger zum langsamen Ausschlagen seines Zeigers, so daß aus der Richtung und Größe des Ausschlages der Kontrolleur in der Fabrik sofort sieht, ob die Uhr richtig eingestellt ist. Nach entsprechender Korrektur kann er sofort die Prüfung wiederholen, bis der gewünschte Regulierungsgrad erreicht ist. Für genauere Untersuchungen benutzt man einen registrierenden Stromzeiger, wobei die Meßergebnisse in Form einer ununterbrochenen Linie, also sehr anschaulich auch über längere Zeiträume, erscheinen, deren Neigung den jeweiligen Gang der untersuchten Uhr anzeigt. Für wissenschaftliche Untersuchungen hochwertiger Uhren ist es freilich notwendig, genauere Verfahren der Impulsgabe für die Zeitnormale zu verwenden, worüber E. Treusein in einem noch nicht veröffentlichten Vortrag kürzlich auf Grund von Arbeiten an der Deutschen Seewarte berichtet hat.

Im Gegensatz zu diesem Gerät arbeiten die „differenzierenden" Systeme mit erheblich höheren Papiergeschwindigkeiten und zeichnen in kurzfristigen Aufzeichnungen jeden einzelnen Uhrschlag auf, ein Verfahren, das vor allem über die Gangprüfung hinaus zur Fehlersuche von Bedeutung ist. Das von A. W. Krause entwickelte Gerät zeichnet sich vor allem durch die Verwendung einer „Quarzuhr" als Zeitnormale aus, so daß infolge der außerordentlichen Genauigkeit auch sehr genaue Einzeluntersuchungen möglich sind. *Blz.*

DK 621.317.755 : 621.317.37

Die Messung von Phasenwinkeln mit dem Kathodenstrahloszillographen. [Nach F. de la C. Chard, J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938) S. 681; 3½ S., 4 Abb.]

Bekanntlich ist die Phasenmessung durch Anlegen der beiden zu vergleichenden Spannungen an die aufeinander senkrecht stehenden Ablenkkondensatoren oder -spulen einer Braunschen Röhre deswegen nicht sehr genau, weil eine Ausmessung des Leuchtschirmbildes (eine schiefe Ellipse im allgemeinen Fall) insbesondere in Hinblick auf die Achsen der Ablenkorgane erforderlich ist. Zur Vermeidung dieses Verfahrens, das wegen des notwendigen Photographierens des Leuchtschirmbildes auch recht umständlich ist, wird vorgeschlagen, nicht die Lage der Ellipse hinsichtlich der Achsen der Ablenkorgane auszumessen, sondern die Achse eines Ablenkorgans so lange zu drehen, bis das Leuchtschirmbild eine gut definierte Form hat, und den Verdrehungswinkel unmittelbar mit Zeiger und Skala zu messen. Liefert nämlich jedes der beiden Ablenkorgane für sich den gleichen Ausschlag D auf dem Leuchtschirm und besteht ein Phasenwinkel φ zwischen den beiden Spannungen, so erscheint auf dem Leuchtschirm ein Kreis vom Radius $D \sin \varphi$, wenn die Achsen der beiden Ablenkorgane den Supplementwinkel von φ einschließen. Dementsprechend wird ein Ablenkspulenpaar verdrehbar angeordnet; natürlich müssen Potentiometer vorgesehen sein, um vor jeder Messung die Ausschläge der beiden Spulen gleich zu machen. Ebenso muß man sich davon überzeugen, daß die Potentiometer und die mit dem Drehwinkel veränderliche Gegeninduktivität der Spulen nicht zusätzliche Phasenfehler verursachen. Damit ist die Anordnung auf niedrige Frequenzen beschränkt. Die Ablesegenauigkeit wird mit 5% angegeben. *Plw.*

DK 621.317.755 : 621.317.382.016.31

Die Bestimmung der symmetrischen Komponenten mit dem Kathodenstrahloszillographen. [Nach F. de la Chard, J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938) S. 684; 3 S., 6 Abb.]

Das vorstehend beschriebene Verfahren zur Phasenmessung kann für die Feststellung symmetrischer Komponenten erweitert werden, wenn statt der Spulenpaare zwei gegeneinander verdrehbare, je aus 3 um 120° gegeneinander versetzten Spulen bestehende Spulensysteme angeordnet sind (Abb. 5). Den Spulen S_A, S_B und S_C werden die Ströme der unsymmetrischen Last L, den Spulen N_A, N_B und N_C genau symmetrische Ströme zugeführt, deren Größe durch den Dreifachwiderstand R geregelt wird. Bei geeignetem Abgleich der Ströme mit R, Wahl des Verdrehungswinkels der Spulenanordnung und Beachtung der Phasenfolge kann so einmal das mitläufige und dann das gegenläufige Drehfeld des unsymmetrischen Systems kompensiert werden. Kenntlich ist dieser Zustand an einem auf dem Leuchtschirm erscheinenden Kreis, der der gerade nicht kompensierten Komponente entspricht. Ein etwa vorhandenes Nullsystem wird durch eine zusätzliche Einphasenablenkung (am besten elektrostatisch) kompensiert; in diesem Fall müssen beide Spulensysteme auch gegen die Einphasenablenkung verdrehbar sein. Eine Messung,

A, B, C symmetrischer Drehstrom
S_A, S_B, S_C Spulen der unsymmetrischen Last
N_A, N_B, N_C Kompensationsspulen
L unsymmetrische Last
R Dreifachwiderstand
M Achse der Braunschen Röhre

Abb. 5. Schaltbild und Spulenanordnung zur Bestimmung der symmetrischen Komponenten mit dem Kathodenstrahloszillographen.

bestehend aus einer Eichung der Spulensysteme, Kompensierung des mitläufigen und dann des gegenläufigen Systems unter Bestimmung der Kompensationsströme, der Verdrehungswinkel und der Kreisdurchmesser erfordert nur 5 bis 10 min und ist recht genau. *Plr.*

Elektrowärme.

DK 621.365.459 : 644.1

Die Heizung von Gebäuden mit Elektrizität. [Nach W. L. Shand, Electr. Engr. 6 (1938) S. 1144; 4½ S., 10 Abb.]

Die Tatsache, daß in England in den letzten 10 Jahren etwa 130 000 kW in elektrischen Heizkesseln untergebracht wurden, zeigt den schnellen Fortschritt der elektrischen Heizung trotz der angeblich höheren Kosten. Der Vorzug der elektrischen Heizung liegt in der großen Anpassungsfähigkeit und Bequemlichkeit. Dabei gibt es zwei grundsätzliche Heizungsarten: die elektrische Zentral-Warmwasserheizung und die direkte Heizung. Erstere bietet die Möglichkeit, mit Speicherkesseln zu arbeiten und billigen Nachtstrom auszunutzen, letztere kann durch die leichte Regelung Wärmeersparnisse erzielen. Die Wahl des Systems hängt von der Art und der Benutzung des Gebäudes ab. Der Verfasser beurteilt kombinierte Heizungen besonders günstig, welche beide Vorteile vereinigen. Die grundsätzlichen Bauarten der elektrisch beheizten Heißwasserkessel werden beschrieben: Kessel mit eingebauten Widerständen mit Schaltung von Hand oder Schaltuhr und Temperaturbegrenzung durch Thermostaten für kleine Anlagen und Elektrodenkessel mit Tauchregelung für größere Anlagen. Einheiten dieser Art werden ausgeführt bis 4000 kW bei 11 000 V. Günstig ist möglichst hohe Wassertemperatur. Die Vorlauftemperatur wird dabei durch Mischventile geregelt, die von Hand oder selbsttätig gesteuert werden. Der Wasserumlauf wird durch Pumpen beschleunigt. Derartige Anlagen sind nicht teurer als Heizungsanlagen mit Feuerung, da Kesselraum, Schornstein und Brennstofflagerplatz gespart werden. Bei den Betriebskosten fallen die Bedienungskosten fort. Die bessere Regelung ermöglicht auch Wärmeersparnisse.

Bei direkter elektrischer Heizung können auch die Anlagekosten klein gehalten werden, da vielfach die erforderlichen Heizkörper einfach an Steckdosen angeschlossen werden können. Für die direkte Heizung findet man wassergefüllte Heizkörper (70 bis 80° C), Flächenheizkörper, elektrisch beheizte Wandverkleidungen, Rohrheizkörper, ferner Strahlungsheizkörper mit Temperaturen um 300° C und Widerstandsheizkörper, welche in geschlossene Kästen eingebaut sind, durch die die Luft durchströmt und mit etwa 60 bis 70° C austritt. — Die direkte Heizung fällt unter Umständen in die Zeiten der Belastungsspitzen, was gegebenenfalls in dem Tarif berücksichtigt werden muß. Bei der Speicherheizung fällt dies fort.

Die Ausführungen werden durch eine Tafel ergänzt, in der die Faktoren für die Benutzung der verschiedenen elektrischen Heizungsarten zusammengestellt sind. *Kd.*

Verkehrstechnik.

DK 621.335.42 : 625.23

Die dreiteiligen Schnelltriebwagen „Bauart Köln" der Deutschen Reichsbahn. [Nach G. Zielke, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 93 (1938) S. 421; 6 S., 8 Abb.]

Ende 1936 entschloß sich die Reichsbahn, neben den bereits in Auftrag gegebenen Versuchsausführungen 14 Schnelltriebwagen anzuschaffen. Da man die Erfahrung gemacht hatte, daß die Schnelltriebwagen möglichst dieselbe Bequemlichkeit wie die D-Zugwagen aufweisen müßten, enthielten die neuen Wagen 102 Sitzplätze der 2. Klasse und 30 Sitzplätze in einem Speiseraum, wobei sich die 102 Plätze auf 17 Einzelabteile zu je 6 Plätzen verteilen.

Der dreiteilige Triebwagen ist mit zwei Dieselmotoren von je 400 PS bei 1400 U/min ausgerüstet, die zwei vierpolige Generatoren antreiben, welche bei dieser Drehzahl eine Dauerleistung von 400 kW hergeben. Ferner ist ein Hilfsgenerator für Nebenbetriebe mit jedem Hauptgenerator in einem Block vereinigt. Die beiden Maschinensätze sind in den beiden Enddrehgestellen des dreiteiligen Wagens untergebracht, der obere Teil des Dieselmotors ragt etwas in den Maschinenraum hinein. Jede Maschinenanlage arbeitet auf zwei Tatzenlagermotoren, die im 2. Drehgestell der Endwagen untergebracht sind. Da für die Reichsbahn allgemein die RZM-Steuerung[1]) vorgesehen ist, wurde diese auch hier angewendet. Bis zu 4 Triebwagen, also 8 Maschineneinheiten, können von einem Führerstand aus bedient werden. Die Leistungsbemessung der Dieselmotoren erfolgt durch Drehzahlregelung in 5 Stufen zu je 75 U/min mit 1100 U/min entsprechend 200 PS beginnend und mit 1400 U/min mit 600 PS endigend. Beim Befahren von Steigungen von mehr als 20‰ werden die Motoren in Reihe geschaltet. Der Abbremsung der Wagen ist besondere Aufmerksamkeit geschenkt worden. Die Druckluftbremse kann sowohl elektrisch wie auch pneumatisch betätigt werden, sie dient als Gebrauchsbremse. Eine Schienenbremse wird zusätzlich bei Schnellbremsung benutzt, jedoch bei Geschwindigkeiten unter 20 km/h selbsttätig abgeschaltet, damit die Bremsung nicht zu stark wird. Ferner sind die Wagen mit einer auf das Bremsgestänge der Maschinendrehgestelle wirkenden Handbremse versehen.

Die Triebwageneinheit hat bei einer Länge von 70,205 m über Scharfenberg-Kupplungen, ein Dienstgewicht von 166 t und erreicht eine Geschwindigkeit von 160 km/h. *s.*

DK 621.337.522.024–585

Wirtschaftliche Geschwindigkeitsregelung bei Gleichstrombahnen. [Nach L. Gratzmuller, Bull. Soc. franc. Electr. 8 (1938) S. 981; 26 S., 11 Abb.]

Da die Erhöhung der Reisegeschwindigkeiten meist ohne den erforderlichen Umbau der Geleisanlagen durchgeführt werden muß, sind viele Geschwindigkeitsbegrenzungen notwendig. Die Frage der Rückgewinnung der hierbei freiwerdenden Bremsenergie tritt daher wieder in den Vordergrund. Bei der Schaltung von Bacqueyrisse erhalten die Motoren eine getrennte Nebenschlußwicklung. Durch Regelung des Erregerstromes dieser Wicklung kann bei der Bremsung die Spannung der Motoren höher als die Fahrdrahtspannung gehalten werden. Die Motoren für diese Schaltung werden jedoch größer und schwerer als normale Reihenschlußmotoren, und auch für den Motorbetrieb geht die reine Hauptschlußcharakteristik verloren, weil das Reihenschlußfeld sehr schwach gemacht werden muß. Es wird eine neue Schaltung angegeben, deren Vereinfachung in Abb. 7 dargestellt ist. Die Reihenschlußwicklung ist in zwei Teile unterteilt, der Teil H kann zur Regelung und Nutzbremsung an eine Hilfsspannung gelegt werden. Beim Anfahren ist der Schalter S geöffnet, die Motoren arbeiten als reine Hauptschlußmaschinen. Die Hilfsspannung e_b ist mit Hilfe der Erregung dieser Maschine beliebig regelbar. Die Hilfsspannung e_a dagegen ist vom Motorstrom I_a abhängig, was z. B. dadurch erreicht werden kann, daß diese Hilfsmaschine eine vom Hauptstrom I_a durchflossene Erregerwicklung erhält und schwach gesättigt ist. Bei geschlossenem Schalter S ist die Spannung e_a so gerichtet, daß sie in der Wicklung H einen Strom i_a erzeugt, der in der gleichen Richtung wie der Hauptstrom I_a verläuft. Die beliebig regelbare Spannung e_b wirkt e_a entgegen. Beim Motorbetrieb ist durch Regelung von e_b also in gewissen Grenzen eine Geschwindigkeitsregelung möglich. Beim Generatorbetrieb läßt sich bei fast konstantem Bremsmoment die Motorspannung der Fahrdrahtspannung anpassen. Macht man e_b von der Fahrgeschwindigkeit abhängig, so läßt sich auch selbsttätige Regelung erzielen. Praktische Erprobung dieser Schaltung ist noch nicht bekanntgeworden. *Dtt.*

K, H geteilte Reihenschlußwicklung
e_a, e_b Hilfsspannungen
S Schalter

Abb. 7. Vereinfachte Schaltung nach Gratzmuller.

[1]) ETZ 56 (1935) S. 1353.

Fernmeldetechnik.

DK 621.396.97 + 621.397.5(061.4)(44)

Stand der Rundfunk- und Fernsehtechnik in Frankreich. [Nach M. Adam, Génie civ. 113 (1938) S. 301; 5 S., 6 Abb.]

Die vom 1. bis 11. 9. 1938 in Paris veranstaltete Rundfunkausstellung „Salon de la Radiodiffusion" ermöglichte einen interessanten Querschnitt durch den heutigen Stand der französischen Rundfunk- und Fernsehtechnik. Vergleicht man die Ausstellung mit den fast zu gleicher Zeit in Berlin und London veranstalteten, so sieht man, daß überall an denselben Problemen gearbeitet wird und daß auch die Lösungen die gleichen sind. Wir beschränken uns deshalb nachstehend auf solche Ergebnisse der Pariser Ausstellung, die grundsätzlich bemerkenswert sind oder bei denen eine gewisse Abweichung von der deutschen Technik festzustellen ist.

B Batterie
C Rahmenantenne
C_1 C_2 auswechselbare Rahmenantennen für andere Wellenbereiche
D Ladedynamo
E schreibendes Meßgerät
G Hochfrequenzsender
I Netzteil
M Störungsmeßgerät
O Oszilloskop
R Störungssuchgerät
V Handrad für Rahmeneinstellung

Abb. 8. Inneres eines Störungssuchwagens.

Unter den kommerziellen Ausstellungsgegenständen interessieren die von verschiedenen Firmen erzeugten wassergekühlten Senderöhren, die in Leistungen bis zu 400 kW gebaut werden; sie werden mit Anodenspannungen von 15 bis 20 kV betrieben und verbrauchen für die Kühlung minutlich 50 bis 250 l Wasser; 400 kW-Röhren sind bereits in den Rundfunksendern Paris, Lille und Reims im Betrieb.

Besondere Aufmerksamkeit widmet man neuerdings der Bekämpfung von Rundfunkstörungen und von Störsendern; für diesen Zweck werden „fahrende Laboratorien" (siehe Abb. 8) eingesetzt, die alle zum Aufsuchen von Störsendern erforderlichen Geräte aufweisen. Ihr Wellenbereich geht von 4 bis 2000 m; als Empfangsorgan dient eine auswechselbare Rahmenantenne, die bis in eine Höhe von 5 m hochgekurbelt werden kann. Zum Aufzeichnen der Störungen sind Kathodenstrahl-Oszillographen und photographische Registriergeräte vorgesehen. Sämtliche Geräte sind in Gummi aufgehängt, um den Einfluß der Erschütterungen des Wagens zu unterbinden.

Hinsichtlich der Rundfunkempfänger bietet der französische Markt eine Lage, die durch die fast ausschließliche Verwendung von Superhetempfängern gekennzeichnet ist; besondere Bemühungen hat man einer Verbesserung der Trennschärfe und der musikalischen Güte gewidmet. Auf die Verwendung besserer dynamischer Lautsprecher mit größeren

Membranen wird besonders hingewiesen. Im übrigen befaßt man sich vornehmlich mit der **Druckknopfabstimmung**, die man auch bei billigeren Empfängern anwendet. Es sind zwei grundsätzlich verschiedene Systeme im Gebrauch: 1. durch Verstellung eines Drehkondensators mit Hilfe besonderer Scharfstimm-Mechanismen, 2. durch die Einschaltung verschiedener, auf die einzelnen Sender eingestellter Trimmerkondensatoren. Diese zweite Art der Druckknopfabstimmung wird bei den billigeren Geräten angewandt; sie ist unbequem, ihr fehlt der Drehkondensator zur stetigen Abstimmung, sie erzwingt eine Einstellung auf die gewünschten Sender schon in der Fabrik, aber sie ist billig zu bauen. Alle hochwertigeren Geräte verwenden dagegen die mit einem Drehkondensator arbeitende Druckknopfabstimmung, wie sie zum Teil auch in Deutschland angewandt wird; der von Hand oder durch einen Motor angetriebene Drehkondensator wird dabei unter Zuhilfenahme besonderer Schneckenräder mit Festhaltenocken in bestimmten Stellungen festgehalten. Interessant ist eine Anordnung, die mit einem veränderlichen Kondensator arbeitet, bei dem ringförmige Belegungen ineinander tauchen. Die Betätigung erfolgt durch Drucktasten mit in der Länge verstellbaren Stiften, die den beweglichen Teil des Kondensators je nach der Frequenz des Senders mehr oder weniger weit hineindrücken (Abb. 9).

A Drehknopf
B Triebstange
C Kulissenkondensator
D Antriebscheibe
F Ständer
K Anschlag
M, *N* Tasten
T Stifte

Abb. 9. Drucktasteneinstellung mit einem ineinander schiebbaren Kondensator.

An **Fernsehempfängern** wurden nur bekannte Geräte gezeigt. Man hofft im übrigen, daß das Fernsehen bald in Gang kommt, da durch die am 1. 7. 1938 in Kraft getretene, für drei Jahre geltende Normung der französischen Postverwaltung zunächst stabile Verhältnisse geschaffen wurden. Genormt wurde ein Fernsehbild von 440 bis 445 Zeilen bei 25 Bildern je Sekunde bzw. 50 Halbbildern; Seitenverhältnis Breite zu Höhe wie 5 zu 4. Synchronisierzeichen werden am Ende jeder Zeile und nach jedem Bildwechsel gegeben; sie nehmen 15 Zeilen, d. h. 7% des ganzen Bildes ein. Die ausgestellten Fernsehempfänger machten durchweg von Braunschen Röhren Gebrauch; dem Berichterstatter fiel als bemerkenswert auf, daß die großen Bilder durchaus nicht die schärfsten waren, sondern daß die kleinen Empfänger die beste Bildgüte lieferten, obgleich diese Geräte naturgemäß die billigsten sind. Der kleinste Fernsehempfänger, der bei den Abmessungen $35 \times 35 \times 30$ cm ein Bild von 8×10 cm Größe liefert, kostet 350 RM. Die größten Bilder, 25×30 cm, wurden mit einem Empfänger erhalten, der zu einem Preis von 1200 RM angeboten wurde. Die Fernsehvorführungen vor dem Publikum wurden im übrigen mit einem Projektionsempfänger vorgenommen, der ein Bild von 9 m² Größe lieferte. Man betrachtet das Fernsehen in Frankreich als „handelsreif" und hält nur die Durchführung regelmäßiger Sendungen von zwei bis drei Stunden täglich für erforderlich, um es einzuführen. Augenblicklich werden Fernsehsendungen nur vom Eiffelturmsender übertragen, der auf Welle 6,52 m für Bild und auf Welle 7,14 m für Ton sendet. *ndt.*

DK 621.317.39.082.62 : 534.793

Untersuchung eines Hitzdraht-Mikrophones mit Thermoelement zur Messung von Schallstärken. [Nach M. Kobayashi u. T. Hayashi, Electrotechn. J., Tokio, 2 (1938) S. 284; 2½ S., 9 Abb.]

Das Hitzdraht-Mikrophon (Abkühlung eines vorgeheizten Drahtes durch die Schwingungsbewegung der Luft im Schallfelde) ist seit den Arbeiten von Paris, Tucker u. a. mit seinen Vorzügen und Nachteilen im wesentlichen bekannt. Es dient nach vorheriger Eichung mit einer Rayleigh-Scheibe als Meßgerät für die Schallschnelle und wurde bisher in der Weise angewandt, daß man die Widerstandsänderung des Hitzdrahtes als Maß für die Abkühlung und damit für die Schnelle benutzt. Die Verfasser beschreiben jetzt eine neue Ausführungsform, bei welcher in der Mitte eines 6 mm langen Hitzdrahtes ein Thermoelement befestigt ist, dessen EMK zur Messung des Abkühlungseffektes benutzt wird. Zwei gleichartig gebaute und vorgeheizte Hitzdrahtmikrophone, von denen jedoch nur eines im Schallfelde liegt, sind mit ihren Thermoelementen gegeneinander geschaltet, damit der durch gleichbleibende Heizung des Hitzdrahtes bedingte Anteil der EMK größtenteils kompensiert und der durch Abkühlung verursachte Anteil besser meßbar wird. Das Gerät ist mit einer Rayleigh-Scheibe geeicht worden und zeigt dabei eine gegenüber der früheren Anwendungsform erhöhte Empfindlichkeit, im übrigen aber die bekannten Eigenschaften der Hitzdrahtmikrophone: Die Abkühlung ist nur näherungsweise dem Quadrat der Schnelle proportional; der Proportionalitätsfaktor hängt für sich noch von der Schnelle und vor allem von der Frequenz ab. Für die tiefen Frequenzen ist der Frequenzgang allerdings klein, so daß der Zusammenhang zwischen EMK und Schallschnelle durch Eichkurven verhältnismäßig einfach darstellbar ist. Nach höheren Frequenzen wird der Frequenzgang im Sinne eines Absinkens der Empfindlichkeit sehr merkbar. Für diese Bereiche ist das Gerät weniger geeignet. *Tg.*

DK 621.397.5

Das Fernsehbild. [Nach F. Schröter, Hausmitt. Telefunken 19 (1938) H. 79, S. 23.]

Für die Güte eines Fernsehbildes mit Tonbegleitung gibt es neben den physikalisch-physiologischen psychologisch-ästhetische Merkmale. Bei ihrer Betrachtung wird von dem naheliegenden, aber nur teilweise berechtigten Vergleich mit dem Tonfilm ausgegangen. Die Behauptung eines „psychologischen Mißverhältnisses" zwischen Bildgröße und Schallintensität beim Heim-Fernsehempfänger, dessen Bildabmessungen mit Rücksicht auf die Braunsche Röhre glastechnisch beschränkt sind, wird an Beispielen aus der Elektroakustik und der Tonfilmgestaltung widerlegt. Psychologisch „richtig" muß bei Änderungen der Lautstärke nicht die absolute Größe des bewegten, schallspendenden Übertragungsgegenstandes, wohl aber sein jeweiliges Winkelverhältnis zu den orientierenden Gegenständen seiner bildlichen Umrahmung wiedergegeben werden. Der hiernach denkbaren Zulässigkeit eines beliebig kleinen Bildfeldes widerspricht jedoch die Notwendigkeit, einer größeren Zahl von Beobachtern physikalisch und physiologisch einwandfreie Betrachtungsverhältnisse (Bildwinkel, Verschwinden der Zeilenstruktur) zu verschaffen. Schröter berechnet unter Voraussetzung der heutigen deutschen Fernsehnormung, 441 Bildzeilen und Zeilensprung, daß für zehn Personen der Heimfernseher eine Bildhöhe von höchstens 26 cm bei einer Bildbreite von entsprechend etwa 31 cm haben sollte. Dies ist auch ungefähr die glastechnische Grenze für Braunsche Röhren mit unmittelbarer Schirmbetrachtung, falls die Wölbung noch nicht stören soll. Größere Fernbildflächen, die man mit Hilfe optischer Projektion von der Braunschen Röhre aus heute hell genug herstellen kann, haben bei 441 Zeilen nur Zweck, wenn der Empfangsraum entsprechend größere Abstände zuläßt. Durch Zeilenzahl, mittlere Sehschärfe und Betrachtungsabstand ist jeweils auch die größte zulässige Bildhöhe physiologisch festgelegt.

Eingehend befaßt sich die Arbeit, abgesehen von einigen Nebenbemerkungen über den Zweck des Fernsehrundfunks, des Fernsehsprechens und des Freilicht-Großbildes (Rednervergrößerung) sowie über die Aufgabe des Farbfernsehens, mit den Kontrastverhältnissen, deren große Bedeutung leicht übersehen wird. Die Braunsche Röhre ermöglicht trotz einiger in ihrem Bau begründeter, den Hell-Dunkel-Bereich vermindernder Einflüsse die Erzielung einer für alle Übertragungsfälle ausreichenden Zahl von Graustufen (etwa 140 bei einem Helligkeitsumfang 1 : 1000, falls die Wahrnehmung eines Helligkeitsunterschiedes von 5% als Schwelle angenommen wird). In Anbetracht des Störpegels der Fernübertragung werden Möglichkeit und Wirkung dynamikverzerrender und -entzerrender Maßnahmen zur Unterdrückung von „Störgrieß" im Bildhintergrunde ohne Beeinträchtigung der Gradation erörtert. Auch die Farbe des Leuchtschirmes der Röhre spielt eine wesentliche Rolle mit Rücksicht auf im Empfangsraum vorhandenes Nebenlicht. Weiß niederer Ordnung mit erheblichem Überschuß an Grün und Blau erscheint als die günstigste Lumineszenzfarbe, wenn auf möglichst volle Erhaltung des Kontrastumfanges bei Einfall störenden Lichtes auf dem Leuchtschirm Wert gelegt wird. Es wird gezeigt, daß sich die Ausschaltung solchen Störlichtes durch komplementäre Filterung auch für rein weiße Tönung, sowohl des Bildschirmes wie der Raumbeleuchtung, lösen läßt.

Die Arbeit schließt mit folgender Zusammenfassung:

1. In psychologisch-ästhetischer Hinsicht ist beim kombinierten Seh- und Hörrundfunk die absolute Bildgröße nicht entscheidend.

2. Aus physikalisch-physiologischen Gründen sollte bei 441 Zeilen und Übertragung im Zeilensprungverfahren der Empfangsschirm des Heimfernsehers die Abmessungen 31 cm × 26 cm nicht überschreiten.
3. Die Herstellung wesentlich größerer Bilder, insbesondere durch Projektion des primären Leuchtrasters der Braunschen Röhre, ist im Rahmen der heutigen Normen (441 Zeilen, Zeilensprung) nur in weiten Räumen (Fernsehstuben) und mit proportional erhöhten Betrachtungsabständen sinnvoll.
4. Der Kontrastumfang der Braunschen Röhre reicht für jede praktisch vorkommende Art von Bild aus, wenn die stark kontrastmindernde Wirkung von Streu- und Nebenlicht weitgehend ausgeschlossen wird. Eine beliebige Steigerung der Helligkeit scheitert selbst beim Zeilensprungverfahren an der Flimmergrenze.
5. Zur Aufrechterhaltung bzw. Verbesserung der Kontraste in den Schatten erscheint es bei Annahme des normalen Empfangs-Störpegels geboten, die kleinen Helligkeitsamplituden senderseits durch Mittel zur Dynamikverzerrung relativ zu erhöhen und sie empfängerseits wieder zu entzerren.
6. Mit Rücksicht auf störendes Raumlicht empfiehlt sich als günstigster Farbton des Schirmleuchtens ein blaustichiges Weiß. Reines Weiß und voller Kontrastumfang können bei heller Raumbeleuchtung grundsätzlich durch komplementäre Filterung erhalten werden.
7. Farbige (möglichst auch plastische) Bildwiedergabe ist von größtem Interesse für das Fernsehsprechen; erst später wird sie auch für den Fernsehrundfunk wichtig werden.
8. Fernsehen ist eine optische Ergänzungsmöglichkeit des Hörrundfunks und setzt als solche die ideale akustische Übertragung voraus, wie umgekehrt Erfolg und Daseinsberechtigung des Tonfilmes auf der Vollkommenheit seiner Bildkomponente beruhen.
9. Die eigentliche Bedeutung des Fernsehers liegt im Mitsehenkönnen von Gegenwartsereignissen über die Schranke des Raumes hinweg. Zu solchen Ereignissen kann als Teilvorgang auch das Ablaufen eines Filmes gehören (z. B. bei Fernsehreportage von Filmpremieren oder Vorträgen).

eb.

DK 621.395.44

Trägerfrequente Ausnutzung älterer Fernkabel. [Nach K. A. Mittelstraß, Europ. Fernsprechdienst (1938) H. 50, S. 361; 5½ S., 11 Abb.]

Zur Gewinnung neuer Sprechkreise bietet sich eine Möglichkeit in der trägerfrequenten Ausnutzung der leicht bespulten Viererseile der älteren Fernkabel. Bei den Fernkabeln mit 1,7 km Spulenabstand sind diese Viererseile im Stamm mit 30 mH-Spulen, im Vierer mit 12 mH-Spulen ausgerüstet, bei den Fernkabeln mit 2 km Spulenabstand kommen nur die mit 30 mH-Spulen beschalteten Viererkreise in Betracht. Da die Grenzfrequenz dieser Kreise hoch genug liegt, kann außer dem gewöhnlichen Niederfrequenzgespräch noch ein Trägerfrequenzgespräch übertragen werden; man bezeichnet diese Betriebsweise als Zweibandfernsprechen. Es läßt sich nur dann einrichten, wenn zwischen den hierfür vorgesehenen Stromkreisen auch bei den Frequenzen des Trägerfrequenzbereiches, also in dem Bereich von 3,3 bis 5,7 kHz, kein störendes Neben- und Gegennebensprechen auftritt. Für den angegebenen Frequenzbereich ist dieses im wesentlichen durch die induktiven (magnetischen) Kopplungen zwischen den Stromkreisen bedingt. Bei den neueren, seit etwa 1933 verlegten Fernkabeln werden die magnetischen Kopplungen schon bei der Herstellung so klein gehalten, und es wird am verlegten Kabel der Nebensprechausgleich so weit getrieben, daß alle leicht bespulten Stromkreise für den Zweibandbetrieb verwendet werden können. Anders liegen die Verhältnisse bei den älteren Fernkabeln; bei deren Herstellung hatte man an eine zweibandmäßige Ausnutzung der leicht bespulten Stromkreise noch nicht gedacht und demzufolge auch keinen entsprechenden Ausgleich durchgeführt.

Es war deshalb notwendig, durch Messung der Neben- und Gegennebensprechdämpfung zwischen den leicht bespulten Stromkreisen der älteren Fernkabel festzustellen, inwieweit eine Ausnutzung dieser Stromkreise für den Zweibandbetrieb in Frage kommt. Dabei hat sich gezeigt, daß die Werte der Gegennebensprechdämpfung, auf die es wegen des Vierdrahtbetriebes der Zweibandleitungen hauptsächlich ankommt, sehr häufig den zulässigen Mindestwert unterschreiten. Bei der Auswahl der für den Zweibandbetrieb geeigneten Stromkreise ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß für jede Sprechverbindung über die ganze Kabellinie hinweg der gleiche Stromkreis benutzt werden muß, weil sonst die Übersichtlichkeit der Beschaltung verlorengeht.

Es hat sich gezeigt, daß unter den obigen Voraussetzungen bei den älteren Fernkabeln etwa 50 % der in Frage kommenden leicht bespulten Sprechkreise trägerfrequent ausgenutzt werden können. *Vb.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 621.385.832 : 537.533.8

Über das Auftreten von Röntgenstrahlen bei Braunschen Röhren. [Nach H. W. Paehr, Mitt. Fernseh A.G., 1 (1938) S. 23, Heft 2; 4 S., 6 Abb., 3 Tafeln.]

Bei Fernsehprojektionsröhren werden Anodenspannungen von 40 kV und mehr angewendet. Diese Betriebsspannungen liegen in der Größenordnung, wie sie in der Röntgentechnik angewendet werden. Es ist allgemein bekannt, daß sich selbst geringste Röntgenmengen über Jahre hinaus zu einer schädigenden Gesamtmenge addieren können. Nach den „Vorschriften für Strahlenschutz in nichtmedizinischen Röntgenanlagen" ist als Höchstmaß, das der menschliche Körper dauernd ohne Schaden vertragen kann, 10^{-5} r/s angegeben. Ein „r" wird eine Strahlenmenge genannt, die in einem cm³ Luft eine Ionenmenge erzeugt, deren Ladung gleich einer elektrostatischen CGS-Einheit ist.

Abb. 10. Abhängigkeit der Röntgenintensität von der Anodenspannung bei einer Aufsichtröhre.

Die Messung der Ionisation geschieht nach dem Aufladeverfahren. Die innere Elektrode eines Zylinderluftkondensators wird an ein Elektrometer gelegt, die äußere Elektrode führt gegen Erde eine Spannung. Durch Ionisation der Luft des Kondensators fließt unter dem Einfluß des Feldes ein Ionenstrom, der die innere Elektrode und das Elektrometer aufladet. Wenn Sättigung vorhanden ist, ergibt sich die Röntgenintensität aus:

$$I = \frac{C}{v} \frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}t} \cdot 3 \cdot 10^9 \ r/\mathrm{s},$$

wobei C die Kapazität der Kammer und des Elektrometers in µF
v das Kammervolumen
$\mathrm{d}U/\mathrm{d}t$ der Spannungsanstieg am Elektrometer ist.

Mit dieser Meßapparatur wurde an zwei Projektionsröhren verschiedener Bauart die Röntgenintensität in zwei Richtungen zu den Röhrenachsen in Abhängigkeit von der Anodenspannung gemessen (Abb. 10 und 11). Aus den Messungen geht hervor, daß man bei Spannungen oberhalb von 20 kV Röntgenstrahlenschutz anwenden muß. Für die untersuchten Projektionsröhren werden in einer Tafel die erforderlichen Bleidicken (< 2,55 mm) angegeben, um die Röntgenintensität unter 10^{-5} und 10^{-6} r/s zu senken.

Abb. 11. Abhängigkeit der Röntgenintensität von der Anodenspannung bei einer Durchsichtröhre.

Zum Abschluß wird eine Zahlentafel über die Röntgendurchlässigkeit verschiedener Baumaterialien bei 20 und 30 kV Anodenspannung gegeben. *rm.*

Physik.

DK 531.539 : 621-752

Schwingungstilgung durch das Taylorpendel. [Nach O. Kraemer, Z. VDI 82 (1938) S. 1297; 3½ S., 15 Abb.]

Der Aufsatz ist die gekürzte Wiedergabe eines von O. Kraemer und Klotter gemeinsam abgehaltenen Schwingungs-Seminars an der T.H. Karlsruhe und berichtet über das Wesen und die Wirkungsweise des Taylorpendels. Im ersten Teil werden an Hand eines Beispieles für ein Dreimassensystem (Flugzeugmotor) allgemeine Betrachtungen über die Wirkung angekoppelter, schwingungsfähiger Massen auf die Tilgung von Drehschwingungen gebracht und insbesondere festgestellt, daß die Wirkung nicht mit der eines üblichen Schwingungsdämpfers gleichzusetzen ist, sondern es sich in diesem Falle um eine Ablenkung der Erregerwirkung, das heißt Schwingungstilgung handelt. Gegenüber den schon in früheren Patentschriften angegebenen Vorschlägen ist die von Taylor und Chilton angegebene Lösung erst für die Praxis geeignet, und zeichnet sich insbesondere dadurch aus, daß die Teilschwingungszahl des Taylor-Pendels keine festbestimmte Größe ist, sondern sich mit der Drehzahl geradlinig ändert. Es kann also erreicht werden, daß eine bestimmte Erregerordnung, insbesondere die Hauptkritische über dem ganzen Drehzahlbereich getilgt wird, wobei neue Resonanzmöglichkeiten durch das Ankoppeln nicht auftreten. Für die praktische Anwendung des Taylorpendels wurde eine günstige Lösung gefunden dadurch, daß das an der Kurbelwange angebrachte Gegengewicht als Taylormasse (beweglich) dient und durch Bolzen derart befestigt wird, daß die notwendige kleine Pendellänge erreicht werden kann. Die betreffenden Skizzen hierzu zeigen sehr gut die konstruktive Ausführung. Es wird weiterhin der Einfluß des Pendels auf die Eigenschwingungszahlen eines Systems behandelt und durch ein kurzes Rechnungsbeispiel für einen 9-Zylinder-Viertakt-Sternmotor ergänzt. *So.*

DK 621.319.4.081 : 537.226.3

Verlustwinkel von Luftkondensatoren. [Nach W. B. Kouwenhoven u. E. L. Lotz, Electr. Engng. 57 (1938) S. 452; 1 S.]

Da bei der Prüfung dielektrischer Isolierstoffe in hochempfindlichen Meßgeräten Normal-Luftkondensatoren verwendet werden, besteht ein Bedürfnis, den Verlustwinkel von solchen Normal-Kondensatoren zu kennen. Die daraufhin angestellten Untersuchungen ergaben, daß in einem Luftkondensator mit Messingplatten, deren Oberflächen rein, trocken und frei von Oxyden und Staub sind, der Verlustwinkel bis etwa 2 V je Tausendstel mm unabhängig von der Feldstärke ist, sich im entgegengesetzten Sinne mit dem Plattenabstand ändert, von den Rauhigkeiten der Oberfläche der Kondensatorplatten nicht beeinflußt wird und auch unabhängig ist von dem Abstand des Schutzringes von der als Meßelektrode dienenden Kondensatorplatte. Hohe Luftfeuchtigkeit erhöht dagegen den Verlustwinkel, selbst wenn der Kondensator in ein metallisches Gehäuse eingeschlossen wird. *O. N.*

Werkstatt und Baustoffe.

DK 621.318.33 : 621.39

Magnetisierbare Trennbleche für Elektromagnete. [Nach K. Gundlfinger, Z. Fernmeldetechn. 19 (1938) S. 129; 5. S., 11 Abb.]

Der Verfasser beschäftigt sich in seiner Arbeit mit der bekannten Tatsache, daß der Wirkungsgrad und das Verhalten eines Elektromagneten, etwa eines Relais, verbessert werden kann, wenn die üblichen Mittel aus Bronze oder Messing zur Verhinderung des Klebens der Anker, die — wie Gundlfinger sehr richtig bemerkt — völlig unzutreffend mit Klebblech bzw. Klebstift bezeichnet werden, durch magnetisierbare Trennbleche bestimmter magnetischer Eigenschaft ersetzt werden. Es wird dabei nicht nur das Kleben infolge Remanenz in einer dem nicht magnetisierbaren Trennblech gleichwertigen Weise verhindert, sondern es werden auch die Verhältnisse hinsichtlich der Anzugs- und Haltekraft wesentlich verbessert. Der Verfasser beweist dies u. a. mit Ergebnissen von Untersuchungen, die mit einem Sondermagneten und mit einem Fernsprech-Schneidankerrelais vorgenommen wurden. Bei kleinen AW.-Zahlen ergab sich beispielsweise für den ersteren eine fast 10fache Kraftsteigerung. Die Verhinderung des Klebens erklärt sich physikalisch aus dem gegensinnigen Verlauf der Permeabilitäten beim Eisen und bei dem Werkstoff des Trennbleches bei kleinem H, während die Begünstigung der Anzugs- und Haltekräfte durch einen gleichsinnigen Verlauf der Permeabilitäten bei den größeren H-Werten hervorgerufen wird. Im Zusammenhang damit zeichnet der Verfasser eine für Trennbleche ideale Permeabilitätsschaulinie und behandelt kurz die Forderung nach ihrer magnetischen Umkehrbarkeit sowie die Frage der Entmagnetisierung bei Werkstoffen, die für den vorliegenden Zweck in Betracht kommen. Es werden weiterhin Untersuchungen hinsichtlich der Beeinflussung der Relaisschaltzeiten angestellt, die sich infolge der Einbringung der magnetisierbaren Trennbleche zwischen Anker und Kern ergibt. Besonders stark können die Abfallzeiten beeinflußt, d. h. erhöht werden; Prellungen werden schneller gedämpft. Die Anwendung von magnetisierbaren Trennblechen erscheint indessen besonders erfolgversprechend bei Verzögerungsrelais, vor allem weil sie die Möglichkeit bieten, von den teuren Kupfermänteln abzugehen und dadurch erhebliche Kupfermengen und Devisenbeträge zu sparen; abgesehen davon spielt auch die Gewichtsersparnis eine Rolle. Die günstigen Verhältnisse hinsichtlich der Abfallverzögerung bei Kupfermantelrelais können nämlich auch mittels Aluminiummänteln und den vorerwähnten Trennblechen erzielt, ja teilweise noch übertroffen werden, was an Hand einiger Schaulinien näher verfolgt werden kann. *Schk.*

AUS LETZTER ZEIT.

DK 621.395.97 : 621.396.975

Einführung des hochfrequenten Drahtfunks in Deutschland. —

Der Reichspostminister hat am 19. 3. im Einvernehmen mit dem Reichsminister für Volksaufklärung und Propaganda eine Verordnung erlassen, die die Einführung des hochfrequenten Drahtfunks regelt (Drahtfunkverordnung). — Der hochfrequente Drahtfunk ist von der Deutschen Reichspost seit dem Jahre 1933 in Zusammenarbeit mit der Industrie entwickelt und inzwischen soweit vervollkommnet worden, daß er nunmehr nach und nach der Allgemeinheit zugänglich gemacht werden kann. Er benutzt das Fernsprechleitungsnetz der Deutschen Reichspost mit, das für diesen Zweck besonders herzurichten und zu erweitern ist, damit ein unabhängiges und ungestörtes Arbeiten des Fernsprech- und des Drahtfunkdienstes nebeneinander erreicht wird. Mehrere Sendefolgen können gleichzeitig übermittelt werden, unter denen der Drahtfunkteilnehmer beliebig wählen kann. Es ist beabsichtigt, drei Sendefolgen zu bieten, nämlich die des Deutschlandsenders und zweier Reichssender. Für die Einführung des Drahtfunks waren folgende Gründe maßgebend: Der Rundfunkempfang ist nicht in allen Teilen des Reichsgebiets gleichmäßig gut. Die Zahl der Wellen ist aber beschränkt, so daß eine Vermehrung der Sender mit eigener Welle nicht möglich ist. Außerdem wird der drahtlose Empfang durch atmosphärische und andere Störungen nachteilig beeinflußt. Derartige Störungen und die unerwünschte Beeinflussung durch andere Sender fallen beim Drahtfunk weg. Neben der weitgehenden Störungsfreiheit des hochfrequenten Drahtfunks ist bei hochwertigen Empfängern der Klang besser. Der Drahtfunk soll zunächst in Gebieten, in denen der drahtlose Rundfunkempfang unzureichend ist, diesen ergänzen und darüber hinaus ihn auch in anderen Gebieten zu bestimmten Zeiten in gewissem Umfang ersetzen. Die Deutsche Reichspost wird ihn in bestimmten Gebieten bevorzugt ausbauen und hier die Rundfunkteilnehmer ohne Antrag und ohne Kosten an das Drahtfunkleitungsnetz anschließen. Umfang und Reihenfolge des Ausbaues bestimmen der Reichsminister für Volksaufklärung und Propaganda und der Reichspostminister gemeinschaftlich. Der sogenannte tonfrequente Drahtfunk, der in Bayern seit 1920 besteht, wird nach und nach durch den hochfrequenten Drahtfunk ersetzt werden. *of.*

FÜR DEN JUNGINGENIEUR.

Einführung in die physikalischen Grundlagen der Vierpoltheorie.

Von E. Hameister VDE, Berlin.

DK 621.392.5

Übersicht. In der elektrischen Nachrichtentechnik ist man häufig gezwungen, zwischen Energieerzeuger und Verbraucher Netzwerke einzuschalten, die eine möglichst günstige Übertragung zustande bringen sollen. Die Eigenschaften solcher Netzwerke lassen sich durch wenige Gleichungen beschreiben, die ihrem Äußern nach den Leitungsgleichungen ähneln. Die physikalischen Grundlagen für die Theorie der Vierpole werden besprochen und daraus die Gleichungen abgeleitet, welche dann für die T-, Π- und Kreuzersatzschaltung spezialisiert werden. Die Ergebnisse sind an der Brückenschaltung erläutert und in einer Tafel zusammengestellt.

Die Vierpoltheorie der elektrischen Nachrichtentechnik ist aus den Beziehungen, die zwischen dem Energieerzeuger und Verbraucher bestehen, entstanden. Dies besagt auch ihre allgemeine Definition: Unter einem Vierpol versteht man eine solche Schaltung, deren Aufgabe darin besteht, die Energie eines aktiven Zweipols einem passiven zuzuführen. Er ist also ein Gebilde mit 4 Klemmen, bei dem nun nicht etwa jeder einzelne Klemmenstrom verschieden groß sein kann, sondern es muß die Bedingung gewahrt bleiben, daß die Summe der in 2 Klemmen hinein- und herausfließenden Ströme gleich Null ist. Die einzelnen Gesetzmäßigkeiten werden von der Vierpoltheorie behandelt. Wenn wir heute von einem Vierpol sprechen, so meint man schlechthin den „linearen", zu dem alle die Netzwerke gehören, welche den Kirchhoffschen Regeln unterliegen.

Die allgemeinen Naturgesetze für die Behandlung von Vierpolfragen erläuterte der große deutsche Physiker Helmholtz. Es handelte sich um den Überlagerungssatz und den Satz von der Ersatzspannungsquelle.

Lassen wir auf einen Vierpol mehrere Ströme einwirken, deren Frequenzen voneinander verschieden sind, so überlagern sich nach dem Helmholtzschen Satz die einzelnen Ströme, ohne sich zu beeinflussen. Die Gültigkeit dieses Satzes in einem Netzwerk gestattet für jeden einzelnen Strom die Teilströme nacheinander zu berechnen, und zwar so, als ob die übrigen Ströme nicht vorhanden wären. Dieser physikalische Satz ist weiterhin so allgemein, daß auch eine Sinusförmigkeit der Ströme bzw. Spannungen nicht vorausgesetzt werden muß. Sind nämlich die Ströme nicht sinusförmig, so lassen sie sich nach Fourier in eine Summe von Strömen zerlegen, die reine Sinusgestalt besitzen.

Da das Überlagerungsprinzip nur für lineare Vierpole gilt, müssen wir noch ein Kriterium suchen, um seine Gültigkeit zu erkennen. Aus der experimentellen Erfahrung ist bekannt, daß es Netzwerke gibt, deren Scheinwiderstand entweder unabhängig oder abhängig von der Stromstärke ist. Zu den letzteren gehören z. B. Verstärkerröhren, Trockengleichrichter u. a. Diese Abhängigkeit wirkt sich nun so aus, daß in dem Gesamtstrom nicht nur die Grundschwingung auftritt, sondern auch noch Oberschwingungen.

Aus der Unabhängigkeit der einzelnen Teilströme in einem Vierpol folgt die Tatsache, daß es unmöglich ist, in einem Stromsystem mit nur konstanten Widerständen eine Stromart in eine andere überzuführen, sondern dazu ist mindestens ein veränderliches Schaltelement notwendig, das nach Barkhausen [5]*) „anormaler Bestandteil" genannt wird. Diese letzte Eigenschaft benutzte R. Feldtkeller zu einer physikalischen Formulierung des Überlagerungssatzes:

„Schaltelemente mit Scheinwiderständen, die von der Stromstärke unabhängig sind, zeigen mit dem ohmschen Gesetz eine lineare Beziehung zwischen Strom und Spannung."

Das Überlagerungsgesetz führte Helmholtz auf einen weiteren Satz, nämlich zu dem von der Ersatzspannungsquelle. Dieses Gesetz bewies er nicht für einen Vierpol, sondern allgemein für ein System mit $2n$-Klemmen. Zur Erklärung der Ersatzspannungsquelle benutzte Helmholtz die Eigenschaften der elektromotorischen Oberflächenkräfte. Dabei handelt es sich um einen Körper, der von beliebiger Gestalt ist, aber von einer geschlossenen Fläche, die sich durch eine Gleichung zweiten Grades darstellen läßt, begrenzt wird. Im Innern dieses Körpers seien elektromotorische Kräfte vorhanden. An dieses System von Urspannungen kann man beliebige andere von außen heranbringen, die ortsabhängig sind und die Eigenschaft besitzen, daß beim Anschalten eines zweiten Systems in dem letzteren unter dem Einfluß der Oberflächenkräfte, welche von den herangebrachten EMKen herrühren, in dem zweiten System dieselben Spannungen auftreten, als wenn die EMKe im Innern des ersten Systems gewirkt hätten. Dieses Prinzip wollen wir auf n Punkte eines Systems S anwenden. Dementsprechend ersetzen wir unsere Oberflächen O durch die n Punkte, für die wir nun n Ersatzspannungsquellen einzuführen haben. Das System sei in Abb. 1 dargestellt. Mit einem Spannungsmesser sehr hohen inneren Widerstandes können wir in diesem System gegen einen festen Punkt die Potentiale messen, die $\mathfrak{P}_1, \mathfrak{P}_2 \ldots \mathfrak{P}_n$ sind. Verbinden wir nun die n-Klemmen mit Spannungen, die dem Betrage nach gleiches Potential wie die Klemmen in bezug auf den ausgewählten Punkt haben, so erreicht man dadurch, daß an allen Klemmen in Hinsicht auf den gewählten Punkt das gleiche Potential herrscht. Aus der Gleichheit der Potentiale aber folgt die Stromlosigkeit der Zuführungen der fremden herangebrachten Systeme an das System S. Daher sind die beiden Gruppen von Spannungen, im Innern des Systems und die äußeren, einander gleich.

Abb. 1. System mit n-Ersatzspannungsquellen.

Daraus folgt: Ein System mit der Urspannung $\mathfrak{U}_0$ kann durch eine Ersatzspannungsquelle von der Größe der Leerlaufspannung $\mathfrak{U}_1$ des Systems mit einem in Reihe geschalteten Widerstand $\mathfrak{R}$, der gleich dem Scheinwiderstand des Systems ist, wenn alle in ihm wirkenden Kräfte kurzgeschlossen sind, ersetzt werden. Es ist also $\mathfrak{U}_0 = \mathfrak{U}_1\, k$.

Zu dem Satz von der Ersatzspannungsquelle führte Helmholtz den Dualen ein, den er das Prinzip von der Ersatzstromquelle nannte. Auf Grund der Widerstands-Leitwertreziprozität folgt bekanntlich, daß eine Reihenschaltung einer Spannungsquelle mit einem Widerstand in eine Parallelschaltung einer ableitungslosen Stromquelle mit einer endlichen Leitfähigkeit umgebildet werden kann.

*) Die Zahlen in den eckigen Klammern beziehen sich auf das Schrifttum am Schluß des Aufsatzes.

In diesem Sinne haben wir die obigen Gedanken reziprok auszudrücken, um zum Satz von der Ersatzstromquelle zu gelangen. In dem allgemeinen System S lassen sich die Wirkungen dieses Systems auf ein anderes S' nicht nur durch die mit den n-Klemmen in Reihe liegenden Spannungsquellen darstellen, sondern man kann n verschiedene Stromquellen zuführen. In der Abb. 2 seien alle n-Klemmen durch einen widerstandslosen Draht miteinander verbunden, in welchem Kurzschlußströme fließen. Bringen wir an die n-Klemmen Ströme heran, welche entgegengesetzt und gleich groß den Kurzschlußströmen sind, so ist der gesamte Kurzschlußring stromlos. Eine Verbindung des Systems S' mit beliebigen anderen Systemen ändert auch hier nichts. Spezialisiert man dies Prinzip wieder auf einen gewöhnlichen Vierpol, so erhalten wir für den inneren Widerstand $\mathfrak{R}_i$ bei der Ersatzspannungsquelle den Kurzschlußleitwert $\mathfrak{G}_k$ und für die Leerlaufspannung $\mathfrak{U}_l$ den Kurzschlußstrom $\mathfrak{J}_k$.

Abb. 2. System mit n-Ersatzstromquellen.

Nach Aufstellung der allgemeinen physikalischen Grundtatsachen sollen die Beziehungen zwischen den Eingangs- und Ausgangsströmen bzw. -spannungen eines Vierpols betrachtet werden. Zu diesem Zwecke müssen wir die Gleichungen eines Vierpols aufstellen. Zur näheren elektrischen Charakterisierung eines Vierpols werden Leerlaufscheinwiderstände und der Kernwiderstand benutzt. Handelt es sich um einen symmetrischen Vierpol, dessen Eingangs- gleich der Ausgangsimpedanz ist, so kommt man mit seinem Leerlaufscheinwiderstand aus, während für einen unsymmetrischen Vierpol der Eingangs- und Ausgangsleerlaufscheinwiderstand betrachtet werden muß. Die Bedeutung der Leerlaufwiderstände und Kernwiderstände liegt darin, daß sie die Spannungs- bzw. Stromübersetzungsverhältnisse bestimmen, wie das am Ersatzbild der T-Schaltung am besten zu sehen ist. Der Kernwiderstand hat aber noch eine andere Aufgabe, die darin besteht, den Eingangskreis mit dem Ausgangskreis zu koppeln, wie das am Beispiel des Übertragers am klarsten zu erkennen ist. Vierpole, bei denen zwei Kernwiderstände erforderlich sind, gehören teilweise nicht zu den linearen und sind nach den oben geschilderten Verfahren z. B. zu behandeln und zu prüfen. Die allgemeinen Beziehungen zwischen allen diesen Größen werden nun durch Gleichungen beschrieben, die von Maxwell [6], Hausrath [7] und Feldtkeller [1] aufgestellt sind.

Für die Herleitung der Gleichungen sind 2 Voraussetzungen zu machen, die den physikalischen Charakter des linearen passiven Vierpols bestimmen.

1. An den 4 Klemmen herrschen Potentiale, die lineare Funktionen der Ströme sind, welche das Netzwerk durchsetzen (linearer Vierpol).

2. Verschwinden die Potentiale, so hören die Ströme auf zu fließen (d. h. es gibt dann keine inneren und äußeren EMKe).

Unter der Voraussetzung der Annahmen 1 und 2 können wir ohne weiteres Gleichungen angeben, die zwischen den Potentialen $\mathfrak{P}$ und den Strömen $\mathfrak{J}'$ homogen sein müssen. Die Koeffizienten, mit denen die Ströme behaftet sind, stellen physikalisch z. B. Widerstände dar. Für ein System mit $2n$-Klemmen lassen sich die Gleichungen folgendermaßen ausdrücken:

$$\begin{aligned} \mathfrak{P}_1 &= \mathfrak{w}_{11}\,\mathfrak{J}_1' + \mathfrak{w}_{12}\,\mathfrak{J}_2' + \dots + \mathfrak{w}_{1n}\,\mathfrak{J}_n' \\ \mathfrak{P}_2 &= \mathfrak{w}_{21}\,\mathfrak{J}_1' + \mathfrak{w}_{22}\,\mathfrak{J}_2' + \dots + \mathfrak{w}_{2n}\,\mathfrak{J}_n' \\ &\vdots \\ \mathfrak{P}_n &= \mathfrak{w}_{n1}\,\mathfrak{J}_1' + \mathfrak{w}_{n2}\,\mathfrak{J}_2' + \dots + \mathfrak{w}_{nn}\,\mathfrak{J}_n' . \end{aligned} \qquad (1)$$

In den folgenden Betrachtungen wollen wir uns wieder wie oben auf einen gewöhnlichen Vierpol beschränken. Für ein solches System aber gilt, daß der an der Klemme *1* (Abb. 3) eintretende Strom entgegengesetzt gleich groß

Abb. 3. Schema eines gewöhnlichen Vierpoles.

dem aus *2* austretenden ist. Dasselbe gilt natürlich für die Klemmen *3* und *4*. Mit der Beziehung

$$\mathfrak{J}_1' = -\mathfrak{J}_2' = \mathfrak{J}_1 \qquad \mathfrak{J}_3' = -\mathfrak{J}_4' = \mathfrak{J}_2$$

gehen wir in das Gleichungssystem (1) ein und finden

$$\begin{aligned} \mathfrak{P}_1 &= (\mathfrak{w}_{11} - \mathfrak{w}_{12})\,\mathfrak{J}_1 + (\mathfrak{w}_{13} - \mathfrak{w}_{14})\,\mathfrak{J}_2 \\ \mathfrak{P}_2 &= (\mathfrak{w}_{21} - \mathfrak{w}_{22})\,\mathfrak{J}_1 + (\mathfrak{w}_{23} - \mathfrak{w}_{24})\,\mathfrak{J}_2 \\ \mathfrak{P}_3 &= (\mathfrak{w}_{31} - \mathfrak{w}_{32})\,\mathfrak{J}_1 + (\mathfrak{w}_{33} - \mathfrak{w}_{34})\,\mathfrak{J}_2 \\ \mathfrak{P}_4 &= (\mathfrak{w}_{41} - \mathfrak{w}_{42})\,\mathfrak{J}_1 + (\mathfrak{w}_{43} - \mathfrak{w}_{44})\,\mathfrak{J}_2 . \end{aligned} \qquad (2)$$

Es interessieren nun nicht die einzelnen Potentiale, und wir gehen zu den Spannungen über. Da

$$\mathfrak{P}_1 - \mathfrak{P}_2 = \mathfrak{U}_1 \qquad \mathfrak{P}_3 - \mathfrak{P}_4 = \mathfrak{U}_2$$

ist, vereinfacht sich unser Gleichungssystem (2) zu

$$\begin{aligned} \mathfrak{U}_1 &= (\mathfrak{w}_{11} - \mathfrak{w}_{12} - \mathfrak{w}_{21} + \mathfrak{w}_{22})\,\mathfrak{J}_1 + (\mathfrak{w}_{13} - \mathfrak{w}_{14} - \mathfrak{w}_{23} + \mathfrak{w}_{24})\,\mathfrak{J}_2 \\ \mathfrak{U}_2 &= (\mathfrak{w}_{31} - \mathfrak{w}_{32} - \mathfrak{w}_{41} + \mathfrak{w}_{42})\,\mathfrak{J}_1 + (\mathfrak{w}_{33} - \mathfrak{w}_{34} - \mathfrak{w}_{43} + \mathfrak{w}_{44})\,\mathfrak{J}_2 \end{aligned} \qquad (3)$$

was wir der Einfachheit halber

$$\mathfrak{U}_1 = \mathfrak{W}_{11}\,\mathfrak{J}_1 + \mathfrak{W}_{12}\,\mathfrak{J}_2 \qquad \mathfrak{U}_2 = \mathfrak{W}_{21}\,\mathfrak{J}_1 + \mathfrak{W}_{22}\,\mathfrak{J}_2 \qquad (4)$$

schreiben, womit eine allgemeine Form der Vierpolgleichungen gefunden ist, und in denen die $\mathfrak{W}_{nm}$ Widerstände darstellen.

Die Gl. (4) können natürlich noch in anderer Darstellung angegeben werden. Nach dem Dualitätsprinzip dürfen wir ohne weiteres die Beziehungen für die Ströme angeben, welche

$$\mathfrak{J}_1 = \mathfrak{G}_{11}\,\mathfrak{U}_1 + \mathfrak{G}_{12}\,\mathfrak{U}_2 \qquad \mathfrak{J}_2 = \mathfrak{G}_{21}\,\mathfrak{U}_1 + \mathfrak{G}_{22}\,\mathfrak{U}_2 \qquad (5)$$

lauten. Hierin stellen die Größen $\mathfrak{G}$ Leitwerte dar. Zwei weitere häufige Formeln sind

$$\mathfrak{U}_1 = \mathfrak{A}_{11}\,\mathfrak{U}_2 + \mathfrak{A}_{12}\,\mathfrak{J}_2 \qquad \mathfrak{J}_1 = \mathfrak{A}_{21}\,\mathfrak{U}_2 + \mathfrak{A}_{22}\,\mathfrak{J}_2 \qquad (6)$$

und

$$\mathfrak{U}_1 = \mathfrak{D}_{11}\,\mathfrak{U}_2 + \mathfrak{D}_{12}\,\mathfrak{J}_1 \qquad \mathfrak{J}_2 = \mathfrak{D}_{21}\,\mathfrak{U}_2 + \mathfrak{D}_{22}\,\mathfrak{J}_1 . \qquad (7)$$

Wie aus den Gl. (4) bis (7) zu sehen ist, unterscheiden sie sich nur in den Koeffizienten, während die Spannungen und Ströme stets die gleichen sind. Um solche Gebilde mathematisch einfach zu behandeln, hat die höhere Mathematik ein Verfahren entwickelt. Diese Matrizenrechnung bietet in der Vierpoltheorie eine große Übersichtlichkeit, und man kann mit Matrizen Schaltungen genau so einfach übersehen wie das Verhalten von Strom und Spannung mit Hilfe der Kirchhoffschen Regeln [1, 3, 10, 11].

Werden nun Matrizen verwandt, so lassen sich unsere Koeffizienten der Gleichungen in folgende Systeme kleiden, und wir erhalten für

$$(4)\quad (\mathfrak{W}) = \begin{pmatrix} \mathfrak{W}_{11} & \mathfrak{W}_{12} \\ \mathfrak{W}_{21} & \mathfrak{W}_{22} \end{pmatrix}, \qquad (5)\quad (\mathfrak{G}) = \begin{pmatrix} \mathfrak{G}_{11} & \mathfrak{G}_{12} \\ \mathfrak{G}_{21} & \mathfrak{G}_{22} \end{pmatrix},$$

$$(6)\quad (\mathfrak{A}) = \begin{pmatrix} \mathfrak{A}_{11} & \mathfrak{A}_{12} \\ \mathfrak{A}_{21} & \mathfrak{A}_{22} \end{pmatrix} \text{ und } (7)\quad (\mathfrak{D}) = \begin{pmatrix} \mathfrak{D}_{11} & \mathfrak{D}_{12} \\ \mathfrak{D}_{21} & \mathfrak{D}_{22} \end{pmatrix}.$$

Nach den Regeln [1, 10, 11] der Systemrechnung können dann die Vierpolgleichungen ebenfalls durch solche Matrizen ausgedrückt werden, und es sollen hier die Widerstands- und Kettengleichungen angeschrieben werden.

$$\begin{pmatrix} \mathfrak{U}_1 & 0 \\ \mathfrak{U}_2 & 0 \end{pmatrix} = (\mathfrak{W}) \begin{pmatrix} \mathfrak{J}_1 & 0 \\ \mathfrak{J}_2 & 0 \end{pmatrix} \; (4a) \text{ und } \begin{pmatrix} \mathfrak{U}_1 & 0 \\ \mathfrak{J}_1 & 0 \end{pmatrix} = (\mathfrak{A}) \begin{pmatrix} \mathfrak{U}_2 & 0 \\ \mathfrak{J}_2 & 0 \end{pmatrix}. \; (6a)$$

Soll man eine Matrix ausrechnen, so bildet man ihre Determinante, z. B.

$$\left|\mathfrak{W}\right| = \begin{vmatrix} \mathfrak{W}_{11} & \mathfrak{W}_{12} \\ \mathfrak{W}_{21} & \mathfrak{W}_{22} \end{vmatrix} = \mathfrak{W}_{11}\,\mathfrak{W}_{22} - \mathfrak{W}_{12}\,\mathfrak{W}_{21} .$$

Da häufig die Multiplikation und Additionsaufgabe vorkommt (z. B. bei der Zusammenschaltung von Vierpolen u. a.) sollen die Rechenregeln hierfür angegeben werden:

1. Addition von Matrizen:

$$\begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{pmatrix} \pm \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} \\ q_{21} & q_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_{11} \pm q_{11} & p_{12} \pm q_{12} \\ p_{21} \pm q_{21} & p_{22} \pm q_{22} \end{pmatrix};$$

2. Multiplikation von Matrizen:

$$\begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q_{11} & q_{14} \\ q_{21} & q_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_{11} q_{11} + p_{12} q_{21} & p_{11} q_{12} + p_{12} q_{22} \\ p_{21} q_{11} + p_{22} q_{21} & p_{21} q_{12} + p_{22} q_{22} \end{pmatrix}.$$

Den physikalischen Sinn der obigen Matrizen zeigen die folgenden Schemen:

$$(\mathfrak{W}): \begin{pmatrix} \mathfrak{W}_{11} \text{ Eingangsleerlaufwiderstand} & \mathfrak{W}_{12} \text{ Kernwiderstand rückwärts} \\ \mathfrak{W}_{21} \text{ Kernwiderstand vorwärts} & \mathfrak{W}_{22} \text{ Ausgangsleerlaufwiderstand} \end{pmatrix}$$

$$(\mathfrak{G}): \begin{pmatrix} \mathfrak{G}_{11} \text{ Eingangskurzschlußleitwert} & \mathfrak{G}_{12} \text{ Kernleitwert rückwärts} \\ \mathfrak{G}_{21} \text{ Kernleitwert vorwärts} & \mathfrak{G}_{22} \text{ Ausgangskurzschlußleitwert} \end{pmatrix}$$

$$\text{und } (\mathfrak{A}): \begin{pmatrix} \text{(Leerlaufspannungs-Übersetzung)}^{-1} & \text{(Kernleitwert)}^{-1} \\ \text{(Kernwiderstand)}^{-1} & \text{(Kurzschlußstrom-Übersetzung)}^{-1} \end{pmatrix}$$

Als Anwendungsbeispiel für diese ganz allgemeinen Betrachtungen soll der Übertrager herangezogen werden. Gegeben seien

$$\mathfrak{L}_1,\ \mathfrak{L}_2,\ \mathfrak{M} \text{ und } \sigma = 1 - \frac{\mathfrak{M}^2}{\mathfrak{L}_1 \mathfrak{L}_2}.$$

($\mathfrak{L}_1$ und $\mathfrak{L}_2$ sind die primäre und sekundäre Induktivität, $\mathfrak{M}$ die Gegeninduktivität und σ die Streuung.)

Nach der Gl. (4) gilt für einen solchen Übertrager mit Streuung

$$\mathfrak{U}_1 = \mathfrak{L}_1 \mathfrak{J}_1 - \mathfrak{M} \mathfrak{J}_2 \qquad \mathfrak{U}_2 = \mathfrak{M} \mathfrak{J}_1 - \mathfrak{L}_2 \mathfrak{J}_2$$

und seine Widerstandsmatrix

$$(\mathfrak{W}) = \begin{pmatrix} \mathfrak{L}_1 & -\mathfrak{M} \\ \mathfrak{M} & -\mathfrak{L}_2 \end{pmatrix} = -(\mathfrak{L}_1 \mathfrak{L}_2 - \mathfrak{M}^2) = -\sigma \mathfrak{L}_1 \mathfrak{L}_2.$$

Da $\mathfrak{M} = \sqrt{1-\sigma}\sqrt{\mathfrak{L}_1 \mathfrak{L}_2}$ ist, folgen die einzelnen Matrizen für den Übertrager mit Streuung

$$(\mathfrak{W}) = \begin{pmatrix} \mathfrak{L}_1 & -\sqrt{1-\sigma}\sqrt{\mathfrak{L}_1 \mathfrak{L}_2} \\ \sqrt{1-\sigma}\sqrt{\mathfrak{L}_1 \mathfrak{L}_2} & -\mathfrak{L}_2 \end{pmatrix},$$

$$(\mathfrak{G}) = \frac{1}{\sigma} \begin{pmatrix} \frac{1}{\mathfrak{L}_1} & -\frac{\sqrt{1-\sigma}}{\sqrt{\mathfrak{L}_1 \mathfrak{L}_2}} \\ \frac{\sqrt{1-\sigma}}{\sqrt{\mathfrak{L}_1 \mathfrak{L}_2}} & -\frac{1}{\mathfrak{L}_2} \end{pmatrix}$$

und

$$(\mathfrak{A}) = \frac{1}{\sqrt{1-\sigma}} \begin{pmatrix} \sqrt{\frac{\mathfrak{L}_1}{\mathfrak{L}_2}} & \sigma \sqrt{\mathfrak{L}_1 \mathfrak{L}_2} \\ \frac{1}{\sqrt{\mathfrak{L}_1 \mathfrak{L}_2}} & \sqrt{\frac{\mathfrak{L}_2}{\mathfrak{L}_1}} \end{pmatrix}.$$

Diese Gleichungssysteme gehen, wenn $\sigma = 0$ ist, in

$$(\mathfrak{W}) = \begin{pmatrix} \mathfrak{L}_1 & -\sqrt{\mathfrak{L}_1 \mathfrak{L}_2} \\ \sqrt{\mathfrak{L}_1 \mathfrak{L}_2} & -\mathfrak{L}_2 \end{pmatrix}, \quad \mathfrak{G} = \infty, \quad \mathfrak{A} = \begin{pmatrix} \sqrt{\frac{\mathfrak{L}_1}{\mathfrak{L}_2}} & 0 \\ \frac{1}{\sqrt{\mathfrak{L}_1 \mathfrak{A}_2}} & \sqrt{\frac{\mathfrak{L}_2}{\mathfrak{L}_1}} \end{pmatrix}$$

über.

Auf weitere mathematische Ableitungen können wir hier nicht eingehen und der Leser möge eine Vertiefung der Dinge in R. Feldtkeller [1] und H. Barkhausen [5] aufsuchen.

Nach diesen allgemeinen rechnerischen Herleitungen der Gleichungen wollen wir sie noch mit Hilfe eines anschaulichen Weges gewinnen (Abb. 4 u. 5). Dabei soll von einem System $\mathfrak{K}$ mit den Klemmen (*1, 2*) und (*3, 4*) ausgegangen werden. Der Einfachheit halber machen wir noch die eine Voraussetzung, daß die Energie liefernde Quelle einen kleinen inneren Widerstand $\mathfrak{R}_i$ besitzt, und daß die Ströme $\mathfrak{J}_1$ und $\mathfrak{J}_2$ von der Spannung $\mathfrak{U}_1$ zwischen den Klemmen (*1, 2*) abhängen. Unter Heranziehung des Gesetzes von der Ersatzspannungsquelle läßt sich das System $\mathfrak{K}$ in bezug auf die Klemmen (*3, 4*) durch eine

Abb. 4. Vierpol in Betriebsschaltung (Spannungsbetrachtung).

Abb. 5. Vierpol in Betriebsschaltung (Strombetrachtung).

elektromotorische Kraft mit einem inneren Widerstand ersetzen, der gleich dem Kurzschlußwiderstand $\mathfrak{R}_k$ von $\mathfrak{K}$ ist, an welcher an den Klemmen (*3, 4*) gemessen wird. Schließen wir alle konstanten EMKe in $\mathfrak{K}$ aus, die nach dem Überlagerungssatz getrennt behandelt werden dürfen, so muß die Leerlaufspannung $\mathfrak{U}_l$ an den Klemmen (*3, 4*) proportional $\mathfrak{U}_0$ sein. Ist das System $\mathfrak{K}$ noch beliebig abgeschlossen, dann ist die Spannung gleich der EMK der Ersatzspannungsquelle vermindert um den Abfall am inneren Widerstand $\mathfrak{R}_i$ dieses Systems. Daher besteht die Gleichung

$$\mathfrak{U}_2 = \frac{1}{\mathfrak{A}_1} \mathfrak{U}_1 - \mathfrak{R}_i \mathfrak{J}_2 \tag{8}$$

$$\mathfrak{U}_1 = \mathfrak{A}_1 \mathfrak{U}_2 + \mathfrak{A}_1 \mathfrak{R}_i \mathfrak{J}_2.$$

Darin ist $\mathfrak{A}_1$ ein Proportionalitätsfaktor, der eine Beziehung zwischen der Leerlaufspannung an (*3, 4*) und der Spannung $\mathfrak{U}_0$ herstellt. Entsprechend dem Dualgesetz kann man nun die Spannungsquelle durch die Wirkungen einer Stromquelle auf das Klemmenpaar (*1, 2*) ersetzen (Abb. 5). Dabei lassen wir in die Klemme (*1*) den Strom $\mathfrak{J}_1$ hineinfließen. Ferner soll der Stromerzeuger einen geringen inneren Leitwert besitzen, und wir können die Stromquelle $\mathfrak{J}_0$ in dem System $\mathfrak{K}$ durch eine derartige in bezug auf das Klemmenpaar (*3, 4*) ersetzen, die einen Strom $\mathfrak{J}_0'$ liefert und einen inneren Leitwert von der Größe des Systems $\mathfrak{G}_k$ besitzt. Der Strom $\mathfrak{J}_2$, welcher aus den Klemmen (*3, 4*) austritt, muß proportional $\mathfrak{J}_1'$ vermindert um die Ableitung an dem inneren Leitwert $\mathfrak{G}_k$ des Systems $\mathfrak{K}$ sein. Es ergibt sich hiernach die Gleichung:

$$\mathfrak{J}_2 = \frac{1}{\mathfrak{A}_2} \mathfrak{J}_1' - \mathfrak{G}_k \mathfrak{U}_2 \tag{9}$$

$$\mathfrak{J}_1' = \mathfrak{G}_k \mathfrak{A}_2 \mathfrak{U}_2 - \mathfrak{A}_2 \mathfrak{J}_2.$$

Abb. 6. Brückenschaltung zur Veranschaulichung des allgemeinen Vierpoles.

Diese ganz allgemein durchgeführten Betrachtungen sollen durch ein Beispiel veranschaulicht werden. In Abb. 6 ist eine Brückenschaltung gezeichnet, und es sollen für diesen Vierpol die Gleichungen aufgestellt werden. Bei dieser Ableitung wird uns die Bedeutung der Konstanten klar werden, deren Natur allerdings schon gesagt ist. Bei dem Vierpol sollen die Potentiale auf den Punkt *2* bezogen werden und die Klemme *4* habe das Potential φ. Infolgedessen herrschen an den Klemmen *1, 2, 3, 4* die Potentiale $\mathfrak{U}_1, 0, \varphi + \mathfrak{U}_2$ und φ.

Um für die einzelnen Punkte die Ströme anzugeben, benutzen wir die Kirchhoffschen Regeln und finden

$$\text{für Punkt 1:}\quad \mathfrak{J}_1 = \frac{\mathfrak{U}_1}{\mathfrak{R}_5} + \frac{\mathfrak{U}_1 - \varphi - \mathfrak{U}_2}{\mathfrak{R}_1} + \frac{\mathfrak{U}_1 - \varphi}{\mathfrak{R}_4}$$

$$\text{Punkt 2:}\quad \mathfrak{J}_1 = \frac{\mathfrak{U}_1}{\mathfrak{R}_5} + \frac{\varphi}{\mathfrak{R}_2} + \frac{\varphi - \mathfrak{U}_2}{\mathfrak{R}_3}$$

$$\text{Punkt 3:}\quad \mathfrak{J}_2 = -\frac{\mathfrak{U}_2}{\mathfrak{R}_6} + \frac{\mathfrak{U}_1 - \varphi - \mathfrak{U}_2}{\mathfrak{R}_1} - \frac{\varphi + \mathfrak{U}_2}{\mathfrak{R}_3}$$

$$\text{Punkt 4:}\quad \mathfrak{J}_2 = -\frac{\mathfrak{U}_2}{\mathfrak{R}_6} + \frac{\varphi - \mathfrak{U}_1}{\mathfrak{R}_4} + \frac{\varphi}{\mathfrak{R}_2}.$$

Aus den Gleichungen für $\mathfrak{J}_1$ und $\mathfrak{J}_2$ folgt

$$\varphi = \mathfrak{U}_1 \mathfrak{R}_0 \left(\frac{1}{\mathfrak{R}_1} + \frac{1}{\mathfrak{R}_4}\right) - \mathfrak{U}_2 \mathfrak{R}_0 \left(\frac{1}{\mathfrak{R}_1} + \frac{1}{\mathfrak{R}_3}\right)$$

mit

$$\frac{1}{\mathfrak{R}_0} = \frac{1}{\mathfrak{R}_1} + \frac{1}{\mathfrak{R}_2} + \frac{1}{\mathfrak{R}_3} + \frac{1}{\mathfrak{R}_4}.$$

Geht man hiermit in die zweite und vierte Gleichung hinein, so folgt daraus

$$\mathfrak{J}_1 = \mathfrak{U}_1 \left[\frac{1}{\mathfrak{R}_5} + \mathfrak{R}_0 \left(\frac{1}{\mathfrak{R}_2} + \frac{1}{\mathfrak{R}_3}\right)\left(\frac{1}{\mathfrak{R}_1} + \frac{1}{\mathfrak{R}_3}\right)\right] + \mathfrak{U}_2 \mathfrak{R}_0 \left(\frac{1}{\mathfrak{R}_3 \mathfrak{R}_4} - \frac{1}{\mathfrak{R}_1 \mathfrak{R}_2}\right)$$

$$-\mathfrak{J}_2 = \mathfrak{U}_2 \left[\frac{1}{\mathfrak{R}_6} + \mathfrak{R}_0 \left(\frac{1}{\mathfrak{R}_2} + \frac{1}{\mathfrak{R}_4}\right)\left(\frac{1}{\mathfrak{R}_1} + \frac{1}{\mathfrak{R}_3}\right)\right] + \mathfrak{U}_1 \mathfrak{R}_0 \left(\frac{1}{\mathfrak{R}_3 \mathfrak{R}_4} - \frac{1}{\mathfrak{R}_1 \mathfrak{R}_2}\right).$$

Aus diesen Gleichungen, durch welche die Natur der Widerstände oder Leitwerte für die Konstanten ersichtlich ist, folgt auch noch der Umkehrungssatz, dessen Inhalt durch die Abb. 7 erklärt ist und mathematisch folgendermaßen geschrieben wird.

$$\left(\frac{\mathfrak{J}_1}{\mathfrak{U}_2}\right)_{\mathfrak{U}_1 = 0} = -\left(\frac{\mathfrak{J}_2}{\mathfrak{U}_1}\right)_{\mathfrak{U}_2 = 0}.$$

Abb. 7. Umkehrungssatz der Vierpoltheorie.

Abb. 8. Sternschaltung (T-Glied).

Abb. 9. Dreiecks- oder Π-Schaltung.

Wenden wir unser soeben gewonnenes Ergebnis auf die Stern- und Dreieckschaltung an, so erhalten wir für die Sternschaltung (= T-Glied) (Abb. 8)

$$\mathfrak{J}_1 = \frac{\mathfrak{U}_2}{\mathfrak{R}_3} + \mathfrak{J}_2 \left(1 + \frac{\mathfrak{R}_2}{\mathfrak{R}_3}\right)$$

$$\mathfrak{U}_1 = \mathfrak{U}_2 \left(1 + \frac{\mathfrak{R}_1}{\mathfrak{R}_3}\right) + \mathfrak{J}_2 \left(\mathfrak{R}_1 + \mathfrak{R}_2 + \frac{\mathfrak{R}_1 \mathfrak{R}_2}{\mathfrak{R}_3}\right).$$

Die Konstanten der allgemeinen Gleichung (6) sind hier also folgendermaßen gegeben

$$\mathfrak{A}_{11} = 1 + \frac{\mathfrak{R}_1}{\mathfrak{R}_3}, \quad \mathfrak{A}_{12} = \frac{1}{\mathfrak{R}_3}$$

$$\mathfrak{A}_{21} = \mathfrak{R}_1 + \mathfrak{R}_2 + \frac{\mathfrak{R}_1 \mathfrak{R}_2}{\mathfrak{R}_3}, \quad \mathfrak{A}_{22} = 1 + \frac{\mathfrak{R}_2}{\mathfrak{R}_3}.$$

In gleicher Weise wird die Dreieckschaltung (Abb. 9) bestimmt, und die Konstanten lauten hier:

$$\mathfrak{A}_{11} = 1 + \frac{\mathfrak{R}_3}{\mathfrak{R}_1}, \quad \mathfrak{A}_{12} = \mathfrak{R}_3$$

$$\mathfrak{A}_{21} = \frac{1}{\mathfrak{R}_1} + \frac{1}{\mathfrak{R}_2} + \frac{\mathfrak{R}_3}{\mathfrak{R}_1 \mathfrak{R}_2}, \quad \mathfrak{A}_{22} = 1 + \frac{\mathfrak{R}_3}{\mathfrak{R}_2}.$$

Die beiden letzten Beispiele zeigen noch eine mathematische charakteristische Eigenschaft linearer Vierpole. Aus dem Umkehrungssatz folgt für die allgemeine Form (Abb. 7)

$$\left(\frac{\mathfrak{J}_1}{\mathfrak{U}_2}\right)_{\mathfrak{U}_1 = 0} = -\frac{\mathfrak{A}_{11} \mathfrak{A}_{22}}{\mathfrak{A}_{12}} - \mathfrak{A}_{21} \quad \text{und} \quad \left(\frac{\mathfrak{J}_2}{\mathfrak{U}_1}\right)_{\mathfrak{U}_2 = 0} = \frac{1}{\mathfrak{A}_{12}}.$$

Für diese Größen muß die Beziehung

$$\mathfrak{A}_{11} \mathfrak{A}_{22} - \mathfrak{A}_{12} \mathfrak{A}_{21} = 1$$

gelten, die für die T und Π -Schaltung tatsächlich gilt, wie man sich leicht durch Multiplizieren überzeugen kann.

Abb. 10. Umwandlung von Stern- in Dreiecksschaltung und umgekehrt.

Nachdem die allgemeinen physikalischen Grundlagen dargelegt sind, sollen abschließend noch die wichtigsten Formeln für das Rechnen und Arbeiten mit einem Vierpol zusammengestellt werden:

1. das Übersetzungsmaß $\ddot{u} = \sqrt{\dfrac{\mathfrak{A}_{11}}{\mathfrak{A}_{21}}}$
2. das Kopplungsmaß $\mathfrak{k} = \dfrac{\sqrt{\mathfrak{A}_{11} \mathfrak{A}_{22}}}{\mathfrak{A}_{11} \mathfrak{A}_{21}}$
3. der Wellenwiderstand $\mathfrak{Z} = \sqrt{\dfrac{\mathfrak{A}_{12}}{\mathfrak{A}_{22}}}$
4. der primäre Wellenwiderstand $\mathfrak{Z}_1 = \ddot{u}\, \mathfrak{Z}$
5. der sekundäre Wellenwiderstand $\mathfrak{Z}_2 = \dfrac{1}{\ddot{u}}\, \mathfrak{Z}$.

Anderseits hat man häufig eine Stern- oder Dreiecksersatzschaltung ineinander umzuwandeln. Hierfür findet man aus den Vierpolgleichungen einfache Beziehungen, welche durch die folgenden Größen gegeben sind. Diese sind für das Dreieck (Abb. 10)

$$\mathfrak{R}_1' = \frac{\mathfrak{R}_2 \mathfrak{G}_2}{\mathfrak{G}'}, \quad \mathfrak{R}_2' = \frac{\mathfrak{R} \mathfrak{G}_1}{\mathfrak{G}'}, \quad \mathfrak{G}' = \mathfrak{G}_1 + \mathfrak{G}_2 + \mathfrak{R} \mathfrak{G}_1 \mathfrak{G}_2$$

und für den Stern

$$\mathfrak{G}_1' = \frac{\mathfrak{G} \mathfrak{R}_2}{\mathfrak{R}'}, \quad \mathfrak{G}_2' = \frac{\mathfrak{G} \mathfrak{R}_1}{\mathfrak{R}'}, \quad \mathfrak{R}' = \mathfrak{R}_1 + \mathfrak{R}_2 + \mathfrak{G} \mathfrak{R}_1 \mathfrak{R}_2.$$

Weiterhin interessiert das Übertragungsmaß, welches

$$\mathfrak{g} = \ln\left(\frac{1}{\mathfrak{k}} + \sqrt{\frac{1}{\mathfrak{k}^2} - 1}\right) = \mathfrak{b} + j\,a$$

geschrieben wird.

Schließlich sollen die Größen für die Konstanten der Stern-, Dreieck- und Kreuzschaltungen zusammengestellt werden.

	Stern (Abb. 10)	Dreieck (Abb. 10)	Brücke (Kreuz) (Abb. 6) $\mathfrak{R}_5 = \mathfrak{R}_6 = 0$
$\mathfrak{A}_{11}$	$1 + \mathfrak{G} \mathfrak{R}_1$	$1 + \mathfrak{G}_2 \mathfrak{R}$	$\dfrac{\mathfrak{R}_k + \mathfrak{R}_e}{\mathfrak{R}_k - \mathfrak{R}_e}$
$\mathfrak{A}_{21}$	$1 + \mathfrak{G} \mathfrak{R}_2$	$1 + \mathfrak{G}_1 \mathfrak{R}$	$\dfrac{\mathfrak{R}_k + \mathfrak{R}_e}{\mathfrak{R}_k - \mathfrak{R}_e}$
$\mathfrak{A}_{12}$	$\mathfrak{R}_1 + \mathfrak{R}_2 + \mathfrak{G} \mathfrak{R}_1 \mathfrak{R}_2$	$\mathfrak{R}$	$\dfrac{2 \cdot \mathfrak{R}_k \mathfrak{R}_e}{\mathfrak{R}_k - \mathfrak{R}_e}$
$\mathfrak{A}_{22}$	$\mathfrak{G}$	$\mathfrak{G}_1 + \mathfrak{G}_2 + \mathfrak{G}_1 \mathfrak{G}_2 \mathfrak{R}$	$\dfrac{2}{\mathfrak{R}_k - \mathfrak{R}_e}$

Aus dem Schrifttum:

1. Feldtkeller, Einführung in die Vierpoltheorie, Leipzig, S. Hirzel 1937.
2. Küpfmüller, Theoretische Elektrotechnik, Berlin, J. Springer 1932.
3. Wallot, Schwachstromtechnik, Berlin, J. Springer 1932.
4. Pohl, Einführung in die Elektrizitätslehre, 4. Aufl., Berlin J. Springer 1934.
5. Barkhausen, Elektronenröhren Bd. 1, 4. Aufl., Leipzig S. Hirzel 1937.
6. Maxwell, Elektric. und Magnetismus, Berlin 1883 Art. 87 u. 280.
7. Hausrath, Elektrische Systeme, Berlin, J. Springer 1907.
8. Grimsehl-Tomaschek, Lehrbuch d. Physik, Bd. II, 1, 8. Aufl., Berlin, B. G. Teubner 1938.
9. Fischer, Klassische Elektrodynamik. Berlin, J. Springer 1936.
10. Madelung, Mathematische Hilfsmittel des Physikers, 4. Aufl., Berlin. J. Springer 1936.
11. Guillemin, E. Communication Networks, Vol. II, New York. J. Wiley & Sons 1935.

VERSCHIEDENES.

Einladung
zur
41. Mitgliederversammlung des VDE in Wien
vom 31. Mai bis 3. Juni 1939

Mittwoch, den 31. Mai

20^{00} **Vortragsabend,** Konzerthaus
Vortrag von SA-Gruppenführer Giesler: „Die Verpflichtung unserer Zeit".

Donnerstag, den 1. Juni

8^{30} **Fachberichte,** Konzerthaus
- A I Kraftwerke
- B I Elektromaschinenbau
- C I Installation
- D I Fernmeldetechnik I
- E I Lichttechnik

(Vortragsfolge der Fachberichte erscheint demnächst)

10^{00} **Vorstandssitzung,** Rathaus, Sektionszimmer III

11^{30} **Vorstandsratsitzung,** Rathaus, Magistratssitzungssaal

15^{00} **Fachberichte,** Konzerthaus
- A II Bahnen
- B II Luftfahrt
- C II Fernmeldetechnik II
- D II Meßtechnik

(Vortragsfolge der Fachberichte erscheint demnächst)

20^{00} **Begrüßungsabend,** Hofburg (dunkler Anzug oder Uniform)

Freitag, den 2. Juni

8^{30} **Fachberichte,** Konzerthaus
- A III Schaltanlagen und Schaltgeräte
- B III Industrielle Anwendungen
- C III Elektrowärme
- D III Hochfrequenztechnik

(Vortragsfolge der Fachberichte erscheint demnächst)

15^{00} **Mitgliederversammlung** (Geschäftssitzung), Konzerthaus
1. Begrüßung
2. Geschäftliches
3. **Hauptvortrag** von Prof. Dr.-Ing. C. Ramsauer VDE: „Elektronen- und Ionenströme in der Technik" (Experimentalvortrag)

20^{00} **Empfang im Rathaus** (dunkler Anzug oder Uniform)

Sonnabend, den 3. Juni

8^{30}–13^{00} Besichtigungen

1. Kraftwerk Simmering der städtischen Elektrizitätswerke der Gemeinde Wien (Neue Hochdruckanlage)
2. Umspannwerk Favoriten der städtischen Elektrizitätswerke der Gemeinde Wien
3. Gaswerk Leopoldau der städtischen Gaswerke der Gemeinde Wien
4. AEG-Union Elektrizitätsgesellschaft — Werk in Stadlau
5. Oesterreichische Siemens Schuckert-Werke — Kabelwerk und Maschinenfabrik Leopoldau
6. Ankerbrotfabrik AG. (auch für Damen)
7. Osram Oesterreichische Glühlampenfabrik GmbH. — Werk Atzgersdorf
8. Bisambergsender des Reichssenders Wien
9. Wiener Funkhaus des Reichssenders Wien
10. Elektrotechnisches Institut der Technischen Hochschule in Wien — Schwachstrom- und Hochspannungslaboratorien
11. Tobis-Sascha Filmindustrie AG. — Aufnahmeatelier Rosenhügel

15^{00}–23^{00}

Gemeinsame Ausflüge und Besichtigungen: mit Kraftwagen

12. Nördliche Wienerwaldfahrt mit Abschluß beim Heurigen in Grinzing
13. Südliche Wienerwaldfahrt mit Abschluß beim Heurigen in Gumpoldskirchen

8^{00}–23^{00} a) mit Kraftwagen

14. Berndorfer Metallwarenfabrik Arthur Krupp AG. in Berndorf mit Weiterfahrt nach Mariazell
15. Schoeller-Bleckmann Stahlwerke AG. in Ternitz (Besichtigung der Hochfrequenzofenanlage); anschließend Fahrt auf die Raxalpe (2009 m) und auf den Semmering (981 m)
16. Schoeller-Bleckmann Stahlwerke AG. in Ternitz (Besichtigung der Hochfrequenzofenanlage), anschließend Fahrt auf den Hochschneeberg (2075 m)

b) mit Bahn und Schiff

17. Wachaufahrt mit Besichtigung von Melk und Dürnstein

Veranstaltungen für Damen

Donnerstag, den 1. Juni

9^{00}–13^{00} Stadtrundfahrt mit Kraftwagen und anschließend Rundgang zur Besichtigung des alten und des neuen Wien

15^{00}–18^{00} Ausflug auf den Kahlenberg und Leopoldsberg mit Kraftwagen

Freitag, den 2. Juni

9^{00}–13^{00} Besichtigung von Sammlungen, Museen und Galerien in Gruppen (Nationalbibliothek; Kunsthistorisches Museum, Naturhistorisches Museum, Barockmuseum, Galerie des 19. Jahrhunderts, Moderne Galerie, Liechtenstein-Galerie, Albertina, Historisches Museum der Stadt Wien, Schubertmuseum, Porzellan-Manufaktur im Augarten)

16^{00}–18^{00} Modeschau im Haus der Mode (Lobkowitzpalais)

Sonnabend, den 3. Juni

9^{00}–12^{00} Ausflug nach Schönbrunn mit Kraftwagen — Besichtigung von Schloß und Park

Änderungen des vorstehenden Tagungsplanes bleiben vorbehalten

Besondere Einladung mit Anmeldeblatt wird der ETZ, H. 15 vom 13. 4. 1939, beigelegt. Anfragen sind zu richten an den: NSBDT, Fachgruppe Energiewirtschaft, Gauwaltung Wien, VDE Mitgliederversammlung 1939, Wien, 56 (VI. Bezirk), Theobaldgasse 12. Fernruf: Wien B 24-4-93 und B 24-4-94. Postscheckkonto: Wien 250804, NS-Bund Deutscher Technik, Geschäftsstelle der VDE Mitgliederversammlung 1939

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Der Vorsitzende:
Rißmüller

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G.m.b.H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für Drähte und Kabel.

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hat einen Entwurf zu

VDE 0880 „Richtlinien für probeweise zugelassene isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen"

aufgestellt, der in ETZ 60 (1939) S. 422 veröffentlicht ist, sowie einen Entwurf zu

VDE 0270 U „Umstell-Vorschriften für Starkstrom-Innenraumkabel ohne Bleimantel bis 1 kV"

der in ETZ 60 (1939) S. 424 veröffentlicht ist.

Begründete Einsprüche sind der Geschäftsstelle bis zum 30. 4. 1939 einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Der Geschäftsführer:
Blendermann.

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Essen. 12. 4. (Mi), 19^{30}, Städtischer Saalbau, Huyssenallee: „Anwendung gittergesteuerter Stromrichter in der Industrie" (m. Lichtb.). Dr.-Ing. Nowack.

VDE Bezirk Nordsachsen, Leipzig. 12. 4. (Mi), 20^{00}, Grassimuseum: „Übersicht über den heutigen Stand der physiologischen und pathologischen Forschung zur Frage der Gesundheitsschädigung durch industrielle Ströme" (m. Lichtb.). Obering. Alvensleben VDE.

VDE Bezirk Ruhr-Lippe, Dortmund. 12. 4. (Mi) 20^{00}, „Zum schwarzen Raben", Hansastr. 105.: „Aufbau und Verlegung neuzeitlicher Hochspannungskabel". Dr. Brauns VDE.

VDE Bezirk Württemberg, Stuttgart. 13. 4. (Do), 20^{00}, El. Inst.: „Der Oberleitungsomnibus als städtisches Nahverkehrsmittel". W. Lang VDE.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

G. Flanze. — Zum Präsidenten des Reichspostzentralamtes wurde Herr Ministerialrat Dipl.-Ing. G. Flanze ernannt[1]). Präsident Flanze ist am 9. 3. 1898 in Breslau geboren, studierte dort und trat 1925 in den höheren Postdienst ein. Schon von 1931 bis 1933 war er im RPZ. tätig, wurde aber beim Umbruch 1933 in das Reichspostministerium berufen, um den Rundfunk auszugestalten und die Fernsehtechnik weiter zu entwickeln. 1937 wurde er Ministerialrat und Persönlicher Referent des Reichspostministers. Mit der Leitung des RPZ. ist Präsident Flanze seit dem 1. 3. 1939 beauftragt.

E. Haefely †. — Am 28. 2. 1939 starb in Basel im Alter von 72 Jahren Herr Dr.-Ing. E. h. Emil Haefely, Gründer und Leiter der Emil Haefely & Cie. AG. in Basel. Seine Tätigkeit in der Elektrotechnik hat noch fast die ganze Entwicklungsspanne dieser jungen Technik umfaßt. Schon als 14 jähriger arbeitete der Bauernsohn in einer Kammfabrik, zeichnete sich bald aus, wurde Zeichner, Konstrukteur, und ging 1896 zur Firma Alioth in Münchenstein, wo er den Elektromaschinen- und Transformatorenbau gründlich kennenlernte. 1900 eröffnete Haefely eine kleine eigene Werkstatt. Er führte als erster das Hartpapier in den Transformatorenbau ein, erfand später das Micartafolium und stellte harte Spulen ohne Lufteinschlüsse her. Auch den Bau von Kondensatoren und Kondensator-Durchführungen hat er maßgeblich gefördert. Seine Verdienste fanden Anerkennung durch die Verleihung des Dr.-Ing.E. h. seitens der T. H. Darmstadt im Jahre 1922. — Emil Haefely war ein tatkräftiger, eigenwilliger Arbeiter, ein strenger Vorgesetzter, aber ein gütiger Mensch.

[1]) Der seitherige Präsident Paul Peglow VDE trat Ende Februar in den Ruhestand; vgl. ETZ 60 (1939) S. 349.

EINGÄNGE.

(Ausführliche Besprechung vorbehalten.)

Bücher.

Der Mechaniker als Rechner. Zum Selbstunterricht und Gebrauch an Berufs- und Fachschulen. Herausg. von K. Sautter und A. Zimmermann. 3. Aufl. der „Berechnungsgrundlagen für Maschinenbauer, Mechaniker und verwandte Berufe". Mit 361 Abb. u. 328 S. im Format A 5. Verlag Holland & Josenhans, Stuttgart 1938. Preis geh. 6,20 RM., geb. 6,80 RM.

[Das Buch enthält die für die Werkstatt wichtigsten Rechenverfahren und erläutert sie an Hand von zahlreichen Beispielen und Anwendungen. Gegliedert ist das Buch in folgende Abschnitte: Aus der Bewegungslehre, von den Kräften, vom Hebel, Rollen- und Flaschenzüge, die Kraftübersetzung durch Zahnräder, von der Reibung, von der schiefen Ebene, vom Keil, von der Schraube, Arbeit und Leistung, aus der Festigkeitslehre, Zahn- und Kettengetriebe, Wälzgetriebe, Schraubgetriebe, der Universalteilkopf, das Fräsen von Spiralen, Drehen und Bohren von kegelförmigen Gegenständen, Verschiedenes.]

Mitteilungen aus dem Reichspostzentralamt. Bd. 20. 1938. Mit zahlr. Abb., IV, u. 262 S. im Format A 4. Alleinvertrieb durch Julius Springer, Berlin. Oktober 1938. Preis kart. 8 RM.

Preisbildung und Warenregelung. 2. Teil: Eisen- und Metallwirtschaft. Ergänzungslieferungen Nr. 20, 21, 22 und 23. Hermann Luchterhand Verlag, Berlin-Charlottenburg. 1938.

Funk- und Fernseh-Sonderheft der „Telegraphen-Fernsprech-Funk- und Fernseh-Technik. Herausg. von der Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost. Bearb. von Dr. F. Vilbig. 27. Jg. November 1938. Mit zahlr. Abb. u. 128 S. im Format A 4. Verlag R. Dietze, Berlin. Preis 3 RM.

Verfahrenstechnik. Beiheft zur VDI-Zeitschrift. Schriftenfolge für Chemie-Ingenieure, Apparatebauer und verwandte Berufe. Folge 1939, Nr. 1, Bearb. i. A. des Fachausschusses für Verfahrenstechnik des VDI von der Leitung der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. Mit 59 Abb., 9 Zahlentafeln u. 38 S. im Format A 4. VDI-Verlag G.m.b.H., Berlin 1939. Preis geh. 2,75 RM.

Grundriß der Fernsehtechnik in gemeinverständlicher Darstellung. Von Dr. F. Fuchs. Mit 129 Abb., 2 Tafeln u. 108 S. im Format 160×235 mm. Verlag von R.Oldenbourg, München u. Berlin 1939. Preis kart. 2,80 RM.

Das zeitgemäße Schweißen. Ein kurzgefaßtes Handbuch. 1. Teil: Das Elektroschweißen. Von Dipl.-Ing. W. Söchting. 4. Aufl. Mit 63 Abb., 40 Abb. im Anhang u. 64 S. im Format A 5. Dr. Max Jänecke, Verlagsbuchhandlung, Leipzig 1939. Preis 1,20 RM.

Télégraphie et Téléphonie sans fil. Von C. Gutton. 9. Aufl. Mit 85 Abb. u. 183 S. im Format 115×175 mm. Verlag Armand Colin, Paris 1939. Preis geh. 15 fr., geb. 17,50 fr.

Stahlleichtbau von Maschinen. Von Obering. Dipl.-Ing. K. Bobek, Obering. W. Metzger und Obering. Dr.-Ing. Fr. Schmidt. (Konstruktionsbücher, Bd. 1. Herausg. von Prof. Dr.-Ing. E.-A. Cornelius.) Mit 159 Abb., VI u. 103 S. im Format 155×235 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 4,80 RM.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

E. Hameister VDE, Berlin N 113, Driesener Str. 16.
Dr.-Ing. H. Hasse VDE, Berlin-Tegel, Seppenrader Weg 3.
F. Kurz VDE, Nürnberg-O., Hainstr. 32.
Dr. H. Raymund VDE, Berlin NW 21, Lübecker Str. 47.
Dipl.-Ing. W. Rödiger VDE, Berlin W 35, Buchenstr. 5.
Dr.-Ing. E. Scharstein VDE, Nürnberg-S., Minervaplatz 28.

Abschluß des Heftes: 31. März 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
60. Jahrgang | Berlin, 13. April 1939 | Heft 15

Ohm.

Von J. Zenneck VDE, München*).

DK 92

I.

Ritter von Füchtbauer, ein Großneffe Ohms, beginnt sein eben erschienenes Buch über Ohm mit folgender Erzählung: „Im Jahr 1934 ging einer von den westfälischen Ohms in Harwich an Land. Der englische Soldat, der die Pässe prüfte, gab ihm den seinen mit den Worten zurück: ‚Ohm, oh, Ohms law' (das Ohmsche Gesetz)." So ist es: das Ohmsche Gesetz kennt man in der ganzen Welt; wenn man es in der Physikstunde nicht weiß, so ist das ebenso schlimm, wie wenn man in der Lateinstunde „ut" mit dem Indikativ konstruiert. Der Entdecker des Gesetzes, dessen 150. Geburtstag wir heute feiern, war bis vor wenigen Tagen viel weniger bekannt. Lassen Sie mich Ihnen zuerst ein bißchen von seiner Lebensgeschichte erzählen.

Georg Simon Ohm ist heute vor 150 Jahren, am 16. 3. 1789, als Sohn des Schlossermeisters Johann Wolfgang Ohm in Erlangen geboren. Er war also Bayer, wie ich als akklimatisierter Münchener mit besonderem Stolze feststelle. Die Rücksicht auf die nord-südliche Parität erfordert aber, darauf hinzuweisen, daß die Familie Ohms väterlicherseits aus Westfalen stammte. Sein Urgroßvater, Wilhelm Ohm, war Schlossermeister in Westerholt bei Münster in Westfalen, sein Großvater, Johann Vicentius, kam als wandernder Schlossergeselle nach Bayerisch-Franken und wurde Universitätsschlosser in Erlangen.

Der Vater Ohms war augenscheinlich ein äußerst interessanter Handwerksmeister, dem seine beiden Söhne, Georg Simon und der um drei Jahre jüngere Martin, der später Professor der Mathematik an der Universität Berlin wurde, außerordentlich viel verdanken. Dieser Vater hat sich, als er schon einige 40 Jahre alt war, in ernsthaftester Weise dem Studium der Mathematik und der Kantschen Philosophie zugewandt, und zwar mit solchem Erfolg, daß er seine beiden Söhne in Mathematik unterrichten konnte. Als Georg Simon 15 Jahre alt war, hat ihn der Erlanger Professor der Mathematik von Langsdorff geprüft. Er war von dem Ergebnis der Prüfung geradezu begeistert — ein seltener Fall: meist finden die Studenten, die geprüft werden, daß es dem prüfenden Professor an Begeisterungsfähigkeit fehlt.

Der Vater entschloß sich, das Opfer, das das Studium seiner beiden Söhne von ihm verlangte, auf sich zu nehmen. Georg Simon machte Ostern 1805 die Reifeprüfung und wurde dann Student der Mathematik, Physik und Philosophie an der Universität Erlangen. Er scheint auch die angenehmen Seiten des Studentenlebens genossen zu haben; es wird wenigstens von ihm berichtet, daß er ein flotter Tänzer, ein ausgezeichneter Billardspieler und ein unübertrefflicher Schlittschuhläufer, also augenscheinlich ein ganz frischer Student gewesen sei. Ein Übermaß an diesen sportlichen und mehr gesellschaftlichen Eigenschaften scheint der Grund gewesen zu sein, weshalb er sein Studium schon nach drei Semestern unterbrach. Er übernahm eine Lehrstelle für Mathematik an einem Privatinstitut im Kanton Bern. Die Verhältnisse, die er dort antraf, waren äußerst angenehm. Erst Ostern 1811 kehrte er in seine Vaterstadt Erlangen zurück und promovierte und habilitierte sich dort. Nur drei Semester hat er, und zwar mit großem Erfolg, mathematische Vorlesungen gehalten. Da er auf eine einträglichere Stelle als diejenige eines Privatdozenten angewiesen war, so bewarb er sich um die Stelle eines Professors der Mathematik und Physik am Gymnasium Bayreuth, die frei geworden war. Er bekam sie nicht, wohl aber infolge einer Eingabe an den König von Bayern die Stelle eines Lehrers an der Realstudienanstalt Bamberg. Diese Stelle war, wie man zu sagen pflegt, ein großer Reinfall. Die Schule war eine Art Presse, in der man Schüler unterbrachte, an denen andere Lehranstalten und die Eltern verzweifelt waren. Es ist außerordentlich bezeichnend für sein Vorwärtsstreben, daß er in dieser unerfreulichen Zeit sein erstes Buch „Grundlinien zu einer zweckmäßigen Behandlung der Geometrie als höheren Bildungsmittels" schrieb. Dieser Schrift verdankt es Ohm wohl, daß in seinem Leben eine entscheidende Wendung eintrat durch die Berufung als Oberlehrer der Mathematik und Physik an das sog. Jesuiten-Kollegium in Köln. Neun glückliche Jahre, bis 1827, konnte Ohm an diesem Gymnasium wirken; während dieser Zeit ist diejenige Arbeit entstanden, die seinen Namen unsterblich gemacht hat.

Über das neue Wirkungsfeld Ohms ist man hauptsächlich durch zwei Briefe unterrichtet, die sein früherer und spätere Kollege, der Philologe Franz Göller, am 20. 9. bzw. 20. 10. 1817 an ihn schrieb. Dieser war selbst erst vor kurzem an das Gymnasium gekommen und bemühte sich nun, es Ohm schmackhaft zu machen, indem er die Verhältnisse dort als äußerst günstig schilderte. Er betont auch in einer Nachschrift des ersten Briefes: „Mein Reisegeld erhielt ich in blanken Talern. Kein Abzug!" Demnach muß doch auch schon damals die Einrichtung der Abzüge nicht unbekannt gewesen sein.

Eines geht aus dem Briefwechsel Göller–Ohm mit Sicherheit hervor, daß das Gymnasium eine sehr gut eingerichtete, von freiem Geist getragene Anstalt war, an

*) Festrede, gehalten bei der Feier in der Universität der Hansestadt Köln am 16. 3. 1939. Der Vortrag wird ausführlich in „Abhandlungen und Berichten des Deutschen Museums" erscheinen.

der sich jeder Lehrer wohlfühlen konnte. Für Ohm und sein Leben war besonders wichtig die für die damaligen Verhältnisse sehr gute Einrichtung der physikalischen Sammlung, der später sogar ein Mechaniker zur Verfügung stand, und die verhältnismäßig geringe Lehrbelastung: höchstens 18 Stunden, fast alle am Vormittag, stellten ihm so viel freie Zeit zu eigener Arbeit in Aussicht, wie sie heute nur sehr wenig Hochschulprofessoren besitzen. In der Praxis war es nicht ganz so gut, wie es anfangs schien: die Lehrbelastung, zum Teil freiwillig übernommen, wuchs von Jahr zu Jahr.

Über das Leben Ohms in Köln liegen keine bestimmten Angaben vor. Sicher ist, daß während der Kölner Zeit sechs wissenschaftliche Arbeiten von ihm in rascher Folge erschienen, sicher aber auch, daß die erste erst 1825, d. h. nachdem er acht Jahre in Köln gewesen war, veröffentlicht wurde. Sicher ist auch, daß in diesen acht Jahren die Umstellung Ohms vom Mathematiker zum Physiker vor sich ging; er war als Mathematiker nach Köln gekommen, seine Arbeiten sind von jetzt an alle physikalisch.

Die glänzende Arbeit, in der das Ohmsche Gesetz steht, ist 1826 herausgekommen unter dem Titel „Bestimmung des Gesetzes, nach welchem Metalle die Kontaktelektrizität leiten, nebst einer Theorie des Voltaischen Apparates und des Schweiggerschen Multiplikators". Bald nachher beantragte Ohm in einem ausführlichen Schreiben beim Ministerium in Berlin die Erlaubnis, „auf ein Jahr nach Berlin zu gehen, um dort ungestört meine wissenschaftlichen Untersuchungen teils vollenden, teils weiterführen zu können". Das Ministerium holt das Gutachten des Provinzialkollegiums in Köln und über die Bedeutung der wissenschaftlichen Arbeiten Ohms dasjenige des Professors Paul Ermann in Berlin ein. Dieser schließt sein Gutachten mit den Worten: „. . . es sind hier und da in kurzer Zeit sehr lehrreiche Untersuchungen desselben Verfassers erschienen, in welchen mathematische und mechanische Forschung glücklich gepaart und nicht geringe Achtung für die wissenschaftliche Qualifikation des Herrn Ohm einflößen." Der Antrag wird bewilligt. Zugleich wird ihm die Hälfte seines Gehaltes angewiesen, und für den Fall, daß diese Summe nicht ausreichen sollte, behält sich das Ministerium das weitere vor. Ohm war über dieses Entgegenkommen sehr glücklich und nutzte die Zeit gut aus. Schon im Mai 1827 erschien eine neue große Arbeit: „Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet." Ohm unterbreitete sie dem Ministerium und schloß in einem ausführlichen Briefe zwei Bitten an:

1. es möge ihn von den Pflichten, die ihn bisher in Köln fesselten, gänzlich und auf immer entbinden,
2. es möge ihm eine Stelle anweisen, die seinem literarischen Streben „nach Maßgabe seiner Erheblichkeit" günstig sei und ihn zugleich in eine solche bürgerliche Lage versetze, von der er wünschen könne, daß sie bleibend sei.

Von seinem Entschluß, seine Stelle in Köln aufzugeben, ist Ohm nicht mehr abgegangen, selbst dann nicht, als eine Abordnung seiner Schüler ihn um Wiederaufnahme seines Unterrichtes bestürmte. Das Ministerium anderseits erklärte sich außerstande, ihm eine andere Stelle zu geben.

Durch den Verzicht auf die Kölner Stelle waren die finanziellen Verhältnisse Ohms schwierig geworden. Sie wurden gemildert dadurch, daß er durch Vermittlung des Generals von Radowitz drei Wochenstunden mathematischen Repetitionsunterricht an der allgemeinen Kriegsschule in Berlin übertragen und dafür 300 Taler jährlich — etwas weniger als die Hälfte seines Kölner Gehaltes — ausbezahlt erhielt. Die fünf Jahre, die er nach Niederlegung seiner Kölner Stelle in Berlin zubrachte, und in denen er von Zeit und Geld nur das erste in ausreichendem Maße besaß, sind für seine wissenschaftliche Arbeit durchaus fruchtbar gewesen. In dieser Zeit entstanden nicht weniger als zehn wissenschaftliche, zum Teil sehr ausführliche Veröffentlichungen.

Auch die finanziellen Verhältnisse scheinen mit der Zeit besser geworden zu sein. Ohm schreibt in seiner Eingabe an den König von Bayern, daß er an der allgemeinen Kriegsschule und an der Vereinigten Artillerie- und Ingenieurschule neun Stunden wöchentlich zu erteilen habe, dafür 700 preußische Taler bekomme, außerdem noch Gelegenheit zu Nebenverdienst habe, so daß seine wirkliche Einnahme in dem vorausgehenden Jahre nicht 700, sondern 1000 Taler betragen habe. Trotzdem sehnte er sich nach einer befriedigenden Tätigkeit und wohl auch nach seinem Heimatlande Bayern. Seine verschiedenen Eingaben an den König von Bayern hatten längere Zeit keinen Erfolg, bis er schließlich am 16. 2. 1833 die Professur für Physik an der neu gegründeten polytechnischen Schule in Nürnberg bekam. Eineinhalb Jahre später wurde ihm auch der Lehrstuhl für höhere Mathematik und das Inspektorat des wissenschaftlichen Unterrichtes und 1839 das Rektorat dieser Schule übertragen, das er bis 1849 innehatte.

In dieser Zeit fing das Ohmsche Gesetz allmählich an zu wirken. Es ist ein Witz der Geschichte, daß den Hauptanstoß eine Arbeit des französischen Physikers Pouillet gab, der in derselben zehn Jahre nach der Entdeckung Ohms den experimentellen Nachweis des Gesetzes für sich beanspruchte. Nun erinnerte man sich, daß ein gewisser Ohm so etwas schon früher gemacht habe. Die erste größere Auszeichnung war die Ernennung Ohms zum Korrespondierenden Mitglied der Kgl. Preußischen Akademie der Wissenschaften. Ganz besonderen Eindruck machte es auf der ganzen Welt, als im Jahre 1841 die Royal Society in London Ohm für seine Entdeckung die goldene Copley-Medaille verlieh, die für die wichtigsten Entdeckungen auf dem Gebiete der exakten Forschung gegründet und vorher nur einem deutschen Gelehrten, Carl Friedrich Gauß, verliehen worden war. Die Begründung dieser Auszeichnung war eine vorzügliche Kennzeichnung der ohmschen Entdeckung und ihrer Bedeutung. Außerdem ernannte die Royal Society Ohm „wegen seiner ausgezeichneten (eminently distinguished) mathematischen und physikalischen Forschungen" zum auswärtigen Mitglied.

Augenscheinlich hat Ohm in seiner Rektorats- und Lehrtätigkeit allmählich doch wieder Sehnsucht nach Forschungsarbeit bekommen. Am 6. 5. 1842 richtete er an den König von Bayern ein Gesuch, er möge ihm „erlauben, einen kleinen Teil seiner Obliegenheiten auf zwei Jahre, vom nächsten Schuljahr anfangend, einem Stellvertreter zu übergeben", um sich wissenschaftlich betätigen zu können. Das wird ihm sofort genehmigt, und schon im nächsten Jahr erscheint eine ganz grundlegende Arbeit von ihm, und zwar, diesmal auf dem Gebiet der Akustik, die Arbeit „Über die Definition des Tons nebst daran geknüpfter Theorie der Sirene und ähnlicher tonbildender Vorrichtungen".

Schon im Jahre 1845 war Ohm ordentliches Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften geworden. Im Jahre 1849, d. h. im Alter von 60 Jahren, wurde Ohm von König Maximilian II. zum 2. Konservator der mathematisch-physikalischen Sammlung des Staates ernannt mit der Verpflichtung, an der Universität München Vorlesungen über Mathematik und Physik zu halten. Vom 1. 10. 1852 an war er ordentlicher Professor der Physik an der Universität München und mit der Leitung des „physikalischen Universitätskabinetts" betraut. 1853 erhielt er als einer der ersten die Ernennung zum Mitglied des Maximilians-Ordens für Wissenschaft und Kunst „in Anerkennung seiner hervorragenden Leistungen im Gebiete der Wissenschaft".

In den fünf Jahren, die ihm in München vergönnt waren, beschäftigte er sich mit den Interferenzerscheinungen in optisch einachsigen Kristallen und legte das Er-

gebnis in zwei großen Arbeiten nieder, die beide in den Abhandlungen der Kgl. bayerischen Akademie der Wissenschaften erschienen sind.

Außerdem schrieb Ohm ein ausgezeichnetes Lehrbuch der Physik unter dem Titel: „G. S. Ohm, Grundzüge der Physik als Kompendium zu seinen Vorlesungen". Es war hervorgegangen aus lithographierten Blättern, die Ohm seinen Zuhörern als Unterstützung der Vorlesung gab, da der Hörsaal nur Sitze zum Hören, aber keine Tische oder ähnliches zum Nachschreiben enthielt, und da seine Zuhörer in ihrer mathematischen Vorbildung sehr zurück waren.

Immer wieder beschäftigte ihn ein alter Plan, eine Molekularphysik zu schreiben. Davon erschien ein erster vorbereitender Band mit dem Titel „Beiträge zur Molekularphysik, 1. Band, enthaltend einen Grundriß der analytischen Geometrie im Raume am schiefwinkeligen Koordinatensystem". Auch das Manuskript des 2. Bandes „Dynamik der Körpergebilde am schiefwinkeligen Koordinatensystem" hat er fertiggestellt. Es ist nicht gedruckt worden, nachdem der Verfasser, der schon seit längerer Zeit kränkelte, am 6. Juli 1854 einem Schlaganfall erlegen war.

II.

Das erste Werk, was Ohm veröffentlicht hat, ist ein pädagogisches, und das letzte, das in seinem Todesjahr (1854) erschienen ist, ist es auch. Das erste hat den Titel „Grundlinien zu einer zweckmäßigen Behandlung der Geometrie als höheren Bildungsmittels an vorbereitenden Lehranstalten", das letztere ist das schon erwähnte Physiklehrbuch „Grundzüge der Physik".

In dem ersten Buch ist ganz ausgezeichnet die Einleitung. Es heißt darin von dem Werte der Geometrie: „Unter den höheren Bildungsmitteln verdient die rationelle Geometrie eine ehrenvolle Stelle. Ihr rein geistiger und doch mit der Sinnlichkeit so nahe verwandter Gegenstand erleichtert den Übergang vom Anschauen zum Denken; ihr höchst einfacher und doch so vernunftgemäßer Bau eignet sich im hohen Grade zur Leitung des Menschen aus dem Gebiete des imitativen Verstehens in das Reich des produktiven Forschens." Darauf kommt es ihm an: Die Geometrie, ihre Beweise und Konstruktion sollen nicht auswendig gelernt, sondern vom Lernenden in eigener Denk- und Vorstellungstätigkeit entwickelt werden. Wer sich an die Freude und den Stolz erinnert, den man als Schüler hatte, wenn es einem gelungen war, eine geometrische Aufgabe nach langer Anstrengung doch noch „herauszubringen", wird Ohm sicher recht geben. Ich lasse dahingestellt, wie weit das Buch selbst in der Praxis der Schule das, was seinem Verfasser vorschwebte, erreicht hat. Gerade die Anfangsgründe der Geometrie sind in dem Buch zwar sehr exakt, aber auch außerordentlich langwierig dargestellt.

Pädagogisch steht jedenfalls viel höher das ausgezeichnete Physiklehrbuch, das er am Ende seiner erfolgreichen Lehrtätigkeit wohl als einen Extrakt seiner Lehrerfahrungen geschrieben hat. Es ist sehr ausführlich — 563 Seiten —, die Erklärungen sind einfach, klar und anschaulich, die Anschaulichkeit ist besonders betont durch 147 einfache, geschickte Abbildungen.

Auf dem Gebiete des Galvanismus lagen die ersten wissenschaftlichen Arbeiten Ohms, zu denen ihm seine Kölner Stelle die experimentellen Hilfsmittel und die Zeit gab. Sie hat eine interessante Vorgeschichte. Ein Jahr vorher war als erste wissenschaftliche Arbeit Ohms eine erschienen mit dem Titel: „Vorläufige Anzeige des Gesetzes, nach welchem Metalle die Kontaktelektrizität leiten". Er hatte darin Versuche und Messungen beschrieben, die das Gesetz des Stroms in Stromkreisen ermitteln sollten, und war zu einem durchaus unrichtigen Gesetz gelangt, das aber durch seine Messungen bestätigt schien. Der Grund für diesen fatalen Mißerfolg war, daß Ohm als Stromquelle die damals allein bekannten inkonstanten galvanischen Elemente benutzt hatte. Der Veröffentlichung dieser Arbeit in Poggendorfs Annalen gab der Herausgeber Professor P o g g e n d o r f eine Fußnote bei, folgenden Inhalts: „Es wäre zu wünschen, daß der Herr Verfasser Muße fände, diese und ähnliche Gesetzesbestimmungen mit der sog. thermoelektrischen Kette vorzunehmen. Die Wirkungen sind bei dieser bei weitem beständiger als bei der sog. hydroelektrischen Kette und lassen deshalb sehr scharfe Messungen zu." Diesem Rat ist Ohm gefolgt, und das Ergebnis seiner neuen Messungen mit einem Thermoelement als Stromquelle war das, was wir heute das Ohmsche Gesetz nennen.

Ohm hat es in seiner berühmten Abhandlung von 1826 in sehr unscheinbarer Form dargestellt, in einer späteren Abhandlung aber genau so ausgesprochen, wie wir es heute gewöhnt sind. Er sagt, daß „die Größe des Stroms in einer galvanischen Kette abhängig ist

a) im geraden Verhältnis von der Summe a l l e r in der Kette auftretenden Spannungen,

b) im umgekehrten Verhältnis von der Summe a l l e r Widerstände".

Die Anordnung für die Messungen, aus denen Ohm sein Gesetz abgeleitet hat, enthielt im wesentlichen das Thermoelement, das die Spannung lieferte, den Leiter, der den Stromkreis bildete, und eine magnetische Drehwaage, die die Wirkung des Stroms maß und damit auch ein Maß für die Stromstärke gab. Die Genauigkeit der Messung hing viel ab von der Sauberkeit, mit der die Drehwaage hergestellt war; ihre Herstellung hat deshalb Ohm in seiner Abhandlung auch mit besonderer Liebe besprochen.

Die Bedeutung, die das Ohmsche Gesetz damals besaß, können wir heute schwer beurteilen: heute sind wir gewöhnt, es als einen speziellen Fall des allgemeinen Maxwellschen Gesetzes anzusehen, das die elektrische Strömung mit dem elektrischen Feld in einem Leiter verknüpft. Damals war es eine erlösende Tat. Es brachte Licht in ein Halbdunkel, in dem ausgezeichnete Physiker wie B a r l o w und D a v y vergebens nach einem Weg gesucht hatten. Die Erkenntnis, daß die Verhältnisse in einem Stromkreis vollkommen bestimmt sind durch die drei Größen Strom, Spannung, Widerstand, und daß der Strom eindeutig definiert ist durch seine magnetische Wirkung, war, abgesehen von der Form des Gesetzes, an sich schon eine Entdeckung. Nachdem das Ohmsche Gesetz bekannt war, mußten die vorausgehenden Arbeiten auf diesem Gebiet wie ein Stammeln erscheinen, und die folgenden hatten durch dieses Gesetz den Vorteil, daß sie sich unter ausgezeichneter Führung auf festem Boden bewegen konnten.

Ohm war sich über die große Bedeutung vollkommen klar, er wußte, daß ihm dieses Gesetz den Schlüssel zum Verständnis aller in Betracht kommenden Erscheinungen gab. So kam es, daß er in der Folge das ganze Gebiet der elektrischen Stromkreise mit Thermoelementen und galvanischen Elementen und Leitern aller Art mit Einschluß der „unipolaren" und elektrolytischen eingehend bearbeitete. Seine Untersuchungen sind in einer großen Reihe von Arbeiten niedergelegt. Die Länge derselben würde heute bei einem Schriftleiter einer wissenschaftlichen Zeitschrift geradezu Angstzustände hervorrufen; eine davon ist in seinen „Gesammelten Abhandlungen" 100, die andere sogar 126 Seiten lang. Diese längste und bedeutendste Arbeit mit dem Titel „Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet", erschien, wie erwähnt, schon ein Jahr nach dem „Ohmschen Gesetz", als Ohm sich schon in Berlin befand.

Sie hat augenscheinlich am meisten Beachtung gefunden. Ohm versucht darin, alle Eigenschaften eines Stromkreises aus drei einfachen Annahmen abzuleiten. Er würde sich sicher gefreut haben, wenn er die neuere Entwicklung der Physik, die seiner ganzen Betrachtungs-

weise in ungeahnter Weise recht gab, hätte erleben können.

Die großen Erfolge, die Ohm auf dem Gebiete des elektrischen Stromkreises errungen hatte, haben ihn nicht zur Einseitigkeit verleitet. Er hat, wie schon erwähnt, während seiner Nürnberger Zeit sich einem ganz anderen Gebiet, und zwar der Akustik, zugewandt und auch hier Grundlegendes geschaffen. Es sind drei akustische Arbeiten von Ohm vorhanden, von denen die zweite, schon genannte „Über die Definition des Tons, nebst daran geknüpfter Theorie der Sirene usw.“, das wichtige Grundgesetz enthält.

Es handelt sich bei diesem Gesetz um die folgende Frage. Es sei ein periodischer Vorgang gegeben, wie man ihn z. B. bei der Sirene erhält, wenn man Luft durch die Löcherreihe einer sich drehenden Scheibe hindurchtreten läßt. Unter welchen Umständen tritt dann ein Ton von einer bestimmten Frequenz auf? Die Antwort darauf läßt sich klar wohl nur mathematisch geben, wie es Ohm auch getan hat. Man kann sie folgendermaßen deuten. Jeder periodische Vorgang läßt sich auffassen als die Überlagerung einer Grundschwingung und einer Reihe von Schwingungen, deren Frequenzen ganze vielfache derjenigen der Grundschwingung sind (Harmonische). Man hört einen Ton von einer bestimmten Frequenz dann, wenn die Grundschwingung oder eine der Harmonischen diese Frequenz besitzt, und der Ton ist um so stärker, je größer die Amplitude der Grundschwingung bzw. der betreffenden Harmonischen ist. Dieses Gesetz sieht abstrakt und kompliziert aus. Es ist es in Wirklichkeit durchaus nicht. Im Gegenteil ist es ähnlich wie das Ohmsche Gesetz des elektrischen Stromkreises nicht nur selbst sehr einfach, sondern wie dieses in besonderem Maße geeignet, die allerverschiedensten und verwickeltsten akustischen Vorgänge einer ganz einfachen Erklärung zuzuführen. Wenn man heute mit einem solchen Vorgang zu tun hat, so ist es geradezu selbstverständlich, daß man das Ohmsche Verfahren einschlägt. Es ist tatsächlich nicht sehr allgemein bekannt, daß dieses Verfahren von Ohm herrührt, es ist im Laufe der Zeit üblich geworden, es Helmholtz zuzuschreiben, obwohl dieser die Priorität Ohms selbst anerkannt hat. Aber vielleicht gibt es kein besseres Zeichen für die Wichtigkeit einer Entdeckung, als wenn man sie bald für selbstverständlich hält und den Entdecker vergißt.

Ganz interessant und wichtig für die Einschätzung Ohms als Forscher ist es, daß er in seiner letzten akustischen Arbeit empfiehlt, bei gewissen Unstimmigkeiten, die der Versuch gegenüber seinem Gesetz bezüglich der Stärke des entstehenden Tones ergeben hatte, „die Schuld . . . auf unser Ohr zu schieben“. Er ist sich also klar, daß die Stärke des Tones in seinem Gesetz nur physikalisch, aber nicht in der Wirkung auf das Ohr, d. h. nicht physiologisch bestimmt ist. Würde man auf dem optischen Gebiet der Farbenlehre zwischen physiologischen und physikalischen Farben unterschieden haben, so würde der früheren Geschichte der Optik manche Konfusion erspart geblieben sein.

Kennzeichnend für die Vielseitigkeit Ohms ist, daß er in seiner Münchener Zeit noch einem ganz anderen Gebiete sich zuwandte: der Kristalloptik. Eine 99 Seiten lange Abhandlung, die den Titel führt „Erklärung aller in einaxigen Krystallplatten zwischen geradlinig polarisiertem Licht wahrnehmbaren Interferenzerscheinungen“, beschäftigte sich experimentell und besonders eingehend theoretisch mit den Interferenzerscheinungen, die man bei einer Kristallplatte und dann in einem zweiten Teil mit denjenigen, die man bei zwei übereinander liegenden Kristallplatten bekommt. Er hat bei dieser Arbeit insofern Unglück gehabt, als er erst nach Vollendung des ersten Teiles erfuhr, daß die von ihm beobachteten Interferenzerscheinungen, die er für neu gehalten hatte, nicht neu, sondern in der Hauptsache von dem norwegischen Physiker Langberg in Christiania (Oslo) schon entdeckt waren. Es mag für ihn zuerst eine große Enttäuschung gewesen sein, aber er hat sich zur richtigen Auffassung durchgerungen. Er sagt darüber in der Einleitung zum zweiten Teil: „Ich weiß nicht, soll ich es Unglück oder Glück nennen, daß mir diese höchst beachtenswerte Schrift so ganz und gar entgangen ist.“ Er hat ganz recht: seine geradezu klassische Darstellung dieser Interferenzerscheinungen war eine vorzügliche Ergänzung der Untersuchungen Langbergs.

Mit wenigen Worten nur möchte ich das Werk erwähnen, das ihm schon seit 1829 vorschwebte: seine Molekularphysik. Was er wollte war, aus einfachen Annahmen über die Form und Größe der Moleküle und Atome und über die zwischen ihnen wirkenden Kräfte auf mathematischem Wege die Erscheinungen des Lichts, der Wärme, der Elektrizität, des Magnetismus und der Kristallbildung abzuleiten. Es würde müßig sein, Vermutungen darüber anzustellen, was dieses Buch für die Physik geworden wäre, wenn Ohm die Vollendung desselben vergönnt gewesen wäre. Es darf aber wohl gesagt werden, daß Ohm bedenklich weit ausgeholt hat: Der erste Band, der erschienen ist, hat, wie schon erwähnt, den Titel: „Grundriß der analytischen Geometrie im Raume am schiefwinkeligen Coordinatensystem“ und sollte das mathematische Handwerkzeug für die nachfolgenden Untersuchungen schaffen. Der zweite Teil sollte die Dynamik der Körpergebilde im schiefwinkeligen Koordinatensystem enthalten. Wenn man außerdem an die Entwicklung der Physik seit jener Zeit denkt, so liegt die Befürchtung nahe, daß Ohm das große Werk auch dann nicht hätte vollenden können, wenn ihm noch viel Zeit beschieden gewesen wäre.

Nach dem Bild, das man von Ohm aus seinen wissenschaftlichen Arbeiten erhält, war er einer der immer seltener gewordenen vielseitigen Physiker, der Experiment und Theorie in gleicher Weise beherrschte und auf den verschiedensten physikalischen Gebieten zu Hause war. Er war ein Mann, der bei allem, was er anfaßte, in bewunderswerter Weise diejenigen Beziehungen herausfand, die dem ganzen Gebiet eine feste, klare Grundlage gaben, und den seine mathematische Schulung befähigte, seine Gedanken und Ergebnisse in musterhaft klarer Form darzustellen.

III.

Daß Ohm als Lehrer sehr beliebt war, ist von allen möglichen Seiten berichtet. Ein besonders schönes Zeugnis für die Verehrung, die er bei seinen Schülern genoß, ist das kleine Buch, das zur Erinnerung an ihn ein früherer Schüler, der spätere Professor und Rektor Friedrich Mann, schrieb. Man bekommt aus diesem Buch ein ungemein anziehendes Bild von den menschlichen und pädagogischen Eigenschaften Ohms, man erfährt, daß Erweckung zur Selbständigkeit der Grundzug seines pädagogischen Wirkens war, und daß er es vorzüglich verstand, stets in persönlicher Fühlung mit seinen Schülern zu bleiben und durch Humor und Witz den Unterricht zu beleben.

Daß seine Schüler ihn besonders hoch schätzten, geht auch aus der schon erwähnten Tatsache hervor, daß eine Deputation seiner Kölner Schüler nach Berlin fuhr, um ihn zur Rückkehr in das Kölner Gymnasium zu bewegen.

Seine großen Lehrerfolge sind durch eine Reihe von Gutachten des Direktorats seiner Schule und der verschiedensten Behörden bestätigt. Am überzeugendsten hat aber die hohe Wertschätzung für seine Lehrerfolge das Preußische Kultusministerium dadurch zum Ausdruck gebracht, daß es ihm dreimal eine besondere Gratifikation von je 100 Talern genehmigte.

Aus seinem Unterricht sind eine Menge bedeutender Männer hervorgegangen, von denen nur der berühmte Mathematiker Lejeune-Dirichlet und der Astro-

nom und Mathematiker Eduard Heis genannt sein mögen. Ohm konnte in einer Eingabe an das Ministerium darauf hinweisen, daß alle Preisbewerbs-Preisträger der mathematischen und physikalischen Aufgaben in Bonn ohne Ausnahme aus der Kölner Schulung durch ihn hervorgegangen waren, und dann, daß ein großer, besonders guter Teil derselben sich dem mathematisch-physikalischen Lehrfach widmeten, was uns heute bei dem Mangel an Lehramtskandidaten besonders imponiert.

Es besteht für mich auch kein Zweifel, daß Ohm Freude am Unterrichten hatte, wenn er es auch oft lebhaft bedauerte, daß er durch seine Schultätigkeit von wissenschaftlicher Arbeit abgehalten wurde. Besonderen Spaß machte ihm wohl das Experimentieren. Eine seiner Arbeiten „Beschreibung einiger einfacher und leicht zu behandelnder Vorrichtungen zur Anstellung der Lichtinterferenzversuche" schildert einfache und sehr hübsche Demonstrationsversuche. Es sind eine Reihe von Briefen durch Oberst v. Füchtbauer bekannt geworden, aus denen hervorgeht, daß Ohm in Köln in seinem Laboratorium alle möglich Apparate instand gesetzt und gebaut und über alle möglichen mechanischen Fragen mit seinem Vater Briefe gewechselt hat. Daß die mechanischen Fertigkeiten, die er sich mit der Zeit aneignete, ihn sogar zum Bau einer Kreisteilmaschine befähigten, soll besonders betont werden. Ich fürchte, daß heute die meisten, nicht nur Physiker, sondern auch Mechaniker die Hände davon lassen würden.

Als besonders schlagenden Beweis dafür, wie sehr Ohm sich durch pädagogische Aufgaben angezogen fühlte, darf man wohl auch sein letztes Werk, seine „Grundzüge der Physik", auffassen. Obwohl Ohm selbst in einem Brief schreibt, er habe „von je her einen Widerwillen gegen die Ausarbeitung eines Leitfadens der Physik" empfunden, hat er sich doch augenscheinlich allmählich mit Lust und Liebe in dieses Lehrbuch hereingearbeitet. Wenn man dieses bis ins einzelne ausgearbeitete und ausführliche Lehrbuch liest, so kann man sich des Gedankens nicht erwehren, daß dieses Buch, das vielleicht ursprünglich durch seinen Münchener Hörsaal erzwungen war, allmählich Selbstzweck geworden ist und Ohm nicht nur viel Arbeit, sondern auch viel Freude gemacht hat.

Es war ein tragisches, von Ohm stets schwer empfundenes Geschick, daß er seinen sehnlichsten Wunsch, Professor an einer Universität zu werden, trotz aller Anstrengungen erst im Alter von sechzig Jahren erreicht hat, in einem Alter, in dem er nicht mehr die Frische der früheren Jahre besaß. Man hat für den Mangel an Anerkennung vielfach, um es kurz auszudrücken, die Verständnislosigkeit der damaligen Behörden und Ministerien und den Stumpfsinn der deutschen Physiker verantwortlich gemacht. Die Möglichkeit des „audiatur et altera pars" ist uns verschlossen. Aber lassen Sie mich doch auf eine Reihe von Tatsachen hinweisen, die vielleicht geeignet sind, auch diese „andere Seite" etwas zu beleuchten.

In dem Buch, das Oberstudienrat Hartmann unter dem Titel „Aus Georg Simon Ohms handschriftlichem Nachlaß" geschrieben hat, und das eine Menge wertvoller Urkunden enthält, sind dreizehn Eingaben Ohms an den König von Bayern, dreizehn an Schulbehörden, Konsistorien usw., neun an Ministerien wiedergegeben. Sehr viele derselben enthalten seinen Wunsch, eine Professur an einer Universität zu bekommen. In vielen zeigt sich ein sehr ausgesprochenes wissenschaftliches Selbstbewußtsein. Ohm war noch kaum ein Jahr in Köln, als er (am 15. 12. 1818) an das Konsistorium eine Eingabe richtete, es möge beim Unterrichtsministerium beantragen, daß er in die Zahl „der um eine Lehrstelle der Mathematik an einer der Landesuniversitäten sich Bewerbenden" eingereiht werde. Er konnte damals an Verdiensten nur auf sein Lehrbuch „Grundlinien zu einer zweckmäßigen Behandlung der Geometrie etc." hinweisen, das man wohl kaum als eine wissenschaftliche Leistung betrachten kann, gleichgültig wie man seinen pädagogischen Wert beurteilt. Ein zufriedener Mensch und bequemer Beamter war Ohm bestimmt nicht. Es ist heute nicht möglich, zu beurteilen, ob er seinen Zweck nicht rascher erreicht haben würde, wenn er weniger Eingaben gemacht hätte. Die eben genannte Eingabe Ohms war vom Kölner Konsistorium mit sehr anerkennenden Worten und dem Bedauern, Ohm unter Umständen verlieren zu müssen, an das Ministerium weitergegeben worden. Das Ministerium ließ von dem Geometriebuch, auf das sich Ohm berufen hatte, durch einen Berliner Universitätsprofessor Dr. Tralle ein Gutachten ausstellen, das wenig günstig ausfiel, im übrigen aber nicht sehr für den Gutachter einnimmt. Erst dann entschied das Ministerium: Die Schrift Ohms sei nicht so, daß aus ihr die Qualifikation des Verfassers zu einer Professur der Mathematik an einer Universität sich entnehmen ließe. Das Ministerium, das übrigens die Brauchbarkeit und die Verdienste des pp. Ohm als Gymnasiallehrer gern anerkenne, müsse wünschen, daß er in seinem bisherigen Wirkungskreise so lange verbleibe, bis er seinen Beruf zu einer Professur auf einer Universität hinreichend dargetan habe. Man kann dieser Entscheidung die Berechtigung nicht absprechen. Wir wissen heute, daß der kleine Mathematiker, der den Antrag stellte, später das Ohmsche Gesetz entdeckt hat. Aber man kann selbst von einem Ministerium nicht verlangen, daß es das damals schon voraussah.

In den Schriften über Ohm wird ein Geheimrat Schulze vom Kultusministerium nicht sehr freundlich behandelt. Insbesondere soll eine Unterredung, die Ohm mit ihm hatte, Ohm endgültig zu dem Entschluß gebracht haben, seine Kölner Stelle aufzugeben. Auf der anderen Seite ist aber von diesem Geheimrat Schulze ein Entwurf zu einem Schreiben an den Kultusminister erhalten, in dem es unter anderem vom Ohm heißt: „Er hatte in dem diesseitigen Referate elf Jahre hindurch mit Auszeichnung gedient, ohne mit Ausnahme des ihm gewordenen einjährigen Urlaubs irgend eine weitere Vergünstigung erhalten zu haben, er ist ein Mann von edlem Charakter, aber eine streng in sich zurückgezogene Persönlichkeit, welche ihren Wert kennt und mit Entschiedenheit auftritt. Sehr schmerzlich würde ich es empfinden, wenn sein beigeschlossenes Gesuch vom 15. 5. d. J. ganz unberücksichtigt bliebe." Es werden dann die Schwierigkeiten geschildert, Ohm in Berlin oder an einer anderen Universität unterzubringen. Am Schluß heißt es dann: „Es bleibt kaum ein anderer Ausweg übrig als der, ihn für jetzt ohne Besoldung zum außerordentlichen Professor bei der hiesigen philosophischen Fakultät der hiesigen Universität zu ernennen und abzuwarten, ob und inwieweit er sich als akademischer Dozent bewähren werde. Durch seine bisherigen Leistungen und den vorzüglichen Schülern, die er in Köln gezogen hat und wozu auch Dr. Dirichlet in Breslau gehört, ist ein günstiger Erfolg seiner Wirksamkeit bei der Universität kaum zu bezweifeln." In diesem Schreiben ist auch der Vorschlag enthalten, Ohm die Stelle an der Kriegsschule zu übertragen. Die Entscheidung, in der Ohm auf seinen Wunsch von der Kölner Stelle enthoben wird, ist ebenfalls höchst anerkennend gehalten. Man bekommt durchaus nicht den Eindruck, daß beim Kultusministerium in Berlin eine besondere Abneigung gegen Ohm bestand.

Wenn diese Auffassung richtig ist, so fällt auch die Vermutung, daß Ohm das Opfer der Hegelschen Richtung geworden sei, die damals die Philosophie der Universitäten beherrschte. Die Gutachten, die von den verschiedensten Physikern über Ohmsche Arbeiten erstattet wurden, geben nicht den geringsten Anhalt, daß die Physiker von dieser Richtung, die doch von keinem Naturwissenschaftler ernst genommen werden konnte, angekränkelt gewesen seien. Merkwürdig mutet uns eine Stelle an in einem Gutachten über „die galvanische Kette" Ohms, das der Professor und Konservator Dr. Siber in

München erstattete. Es heißt darin: „Wenn auch schon im ersten Augenblicke nur von einer Hypothese ausgegangen und die geistige Wirkungsweise der Natur vorerst zurückgesetzt werden muß, so hat ein solcher Versuch immer seinen Wert; denn hat der Mathematiker vorerst die Erscheinung berechnet und für sie allgemeine Formeln gegeben, dann ist dem Experimentator der Weg, den er gehen soll, vorgezeichnet, und der Philosoph wird später den Geist des niedergelegten Buchstabens aufzufinden wissen." Jeder Experimentalphysiker wird den unfreiwilligen Humor dieses letzten Satzes zu schätzen wissen. Aber um einen Hegelschen Einfluß handelt es sich dabei nicht; sonst würde die Philosophie an erster und die Mathematik und Physik erst an zweiter und dritter Stelle stehen.

Es ist sehr wohl möglich, daß in den Jahren 1828 bis 1833, die Ohm in Berlin zubrachte, keine geeignete Stelle an einer Universität frei war. Und später, als er Professor am Polytechnikum in Nürnberg war, mag man den Eindruck gehabt haben, daß er nun seinen Wunsch erreicht habe, obwohl das eine Verkennung der Sachlage war, da das Polytechnikum in Nürnberg eine Mittelschule, nicht eine Hochschule war.

Was die Beurteilung der Arbeiten Ohms durch die deutschen Physiker betrifft, so wurde ihre Bedeutung verhältnismäßig bald von Fechner in Leipzig, von Pfaff in Erlangen und Poggendorf in Berlin u. a. in ihrem vollen Umfang anerkannt. Alle Gutachten, die die Ministerien von Physikern über Ohms physikalische Arbeiten einholten, sind durchaus anerkennend gewesen. Wenn ein junger und etwas anmaßender Berliner Physiker namens Pohl eine sehr abfällige Kritik über die galvanische Kette veröffentlichte, so stand er damit allein; so viel ich weiß, ist von ihm auch nicht viel mehr als eben diese Kritik auf die Nachwelt gekommen.

Aber richtig ist, daß die Arbeiten Ohms über den elektrischen Stromkreis verhältnismäßig lange brauchten, um allgemeine Beachtung zu finden. Man darf dabei aber zweierlei nicht vergessen.

Auf das eine ist schon hingewiesen worden. Ohm hatte zuerst eine Arbeit veröffentlicht, in der ein unrichtiges Gesetz angegeben war, mit dem aber seine Messungen sehr gut stimmten. Dann kam die Arbeit mit dem richtigen Gesetz, das wieder im vollen Einklang mit seinen neuen Messungen war. Man mag dadurch etwas stutzig geworden sein, und mancher mag sich gefragt haben, ob nicht über kurz oder lang eine dritte Arbeit mit einem dritten Gesetz erscheinen würde, das wieder die Messungen gut wiedergeben würde.

Der zweite Punkt ist, daß das Ohmsche Gesetz keine Entdeckung war, die unter den damaligen Verhältnissen weite Kreise interessierte. Irgendeine praktische Verwendung hatten die galvanischen Elemente, abgesehen von den Anfängen der Telegraphie, kaum gefunden. Maschinen nach dem von Faraday entdeckten Induktionsprinzip gab es erst zwei Jahrzehnte später. Die elektrischen Ströme waren deshalb kein Gebiet, das Bedeutung für die Allgemeinheit gehabt hätte. Als im Jahre 1881 der internationale Elektrotechnikerkongreß in Paris beschloß, die Einheit des elektrischen Widerstandes Ohm zu Ehren ein „Ohm" zu nennen, waren die Verhältnisse ganz anders. Damals war das elektrische Zeitalter schon angebrochen. Ohms Entdeckung war eben nicht von der Art wie etwa diejenigen von Röntgen, die sofort überall einschlugen. Auch die Theorie des großen englischen theoretischen Physikers Maxwell ist ein Jahrzehnt lang fast unbeachtet geblieben, obwohl seine Gleichungen eine Entdeckung darstellten, die heute die unbestrittene Grundlage der makroskopischen elektromagnetischen Erscheinungen ist. Und wenn darauf hingewiesen wird, daß die Royal Society die Bedeutung zuerst erkannt habe, so ist das nach dem früher Ausgeführten nicht ganz richtig und außerdem erfolgte es im Jahre 1841. Wollte man also bösartig sein, so könnte man sagen, daß die Royal Society auch 14 Jahre gebraucht hat, um die Bedeutung des Ohmschen Gesetzes ganz zu erfassen.

Daß zwei Jahrzehnte lang Ohms sehnlichster Wunsch nach einer Professur an einer Universität nicht in Erfüllung gegangen ist, wird jeder bedauern. Man kann über die Gründe verschiedener Meinung sein. Aber keine Meinungsverschiedenheit kann darüber bestehen, daß unsere Bewunderung für die Leistungen und die Persönlichkeit Ohms nur erhöht werden kann durch den Gedanken daran, daß er die Zeit für seine wunderbaren Arbeiten einem anstrengenden Beruf abringen mußte. Ich habe auch heute unbegrenzte Hochachtung für die Lehrer, die trotz ihres anstrengenden Berufes die Idealität und Energie zu wissenschaftlicher Tätigkeit aufbringen können.

Über die äußere Erscheinung Ohms schreibt sein Schüler Mann in der schon erwähnten Schrift: „Entschieden ausgeprägt erschien bei ihm das anspruchslos Schlichte, zugleich aber auch das männlich Feste, das markig Energische. Er war mittelgroß, gedrungen, in stets aufrechter Haltung. Gebückt konnte man sich diese Mannesgestalt kaum vorstellen. Sein Auftreten war fest, sein Gang rasch und elastisch.

Die hohe breite Stirn verriet den scharfen Denker; die großen Augen nach außen geiststrahlend und beherrschend, als ob sie nach innen blickten. Der Mund schien mehr fein beweglich als fein geschnitten und in seinen Winkeln trieben gar oft die Geister des Witzes, der Satyre ihr mimisches Spiel. — Das bartlose, weder magere noch übervolle Gesicht machte im Grade entfernter Familienähnlichkeit den Eindruck einer Martin-Luther-Physiognomie.

Angetan mit einem langen dunkelblauen Rock, in dessen einer Seitentasche die fleißig benutzte Schnupftabaksdose untergebracht war, schritt er im Lehrsaale umher; nur selten dozierte er vom Katheder aus. Dabei entwickelte er, obwohl im reiferen Mannesalter, eine Lebhaftigkeit und eine Fülle der Stimme, wie diese sonst nur der strotzenden Kraft des Jünglings eigen ist."

„Ohm war und blieb Junggeselle. Nicht aber, daß er der Schar jener einsam dastehenden, aus Schrullen zusammengesetzten Sonderlinge angehört hätte — er blieb sein Leben lang das, was der Laut des Wortes sagt, ein ‚Jung-Geselle'."

„Echt deutsche Familieninnigkeit verband ihn mit seinen Verwandten, mit seinen Freunden, mit seinen Schülern — und die ewig junge Wissenschaft, die in strahlender Schöne ihn stets umschwebte, war ihm Geliebte und Braut."

„Daß aber diesem hochidealen Familiengemälde das drastisch realistische Gegenbild nicht fehlte, dafür war durch ein Tierstück gesorgt, nämlich durch den treuen Begleiter seines Herrn, durch Spitz ‚Wacki', von dessen Intelligenz Ohm zuweilen allen Ernstes behauptete, daß sie derjenigen manches seiner Schüler nahezu gleichkomme, während wir uns berechtigt hielten, in diesem Vierfüßer die verkörperte Kehrseite der pädagogischen Erfolge des Meisters zu erblicken, indem Wacki arg verzogen war."

Ohm ist mit seinem Vater, solange dieser lebte, besonders verbunden gewesen. Geradezu rührend ist, daß er in seinem ersten Buch „über die Grundlinien zu einer zweckmäßigen Behandlung der Geometrie usw." seinem Vater ein Denkmal der Dankbarkeit und Verehrung gesetzt hat, so wenig der sonstige Inhalt des Buches an sich dazu Anlaß bot. Bekannt ist auch, daß er seinen Vater, als es ihm finanziell nicht gut ging, von Köln aus dauernd unterstützte. Es ist keine schlechte Methode, den Charakter eines Mannes danach zu beurteilen, in welchem Verhältnis er zu seinen Eltern stand. Wenn man dieses Kriterium auf Ohm anwendet, so schneidet er also sehr gut ab. — —

Ich hoffe, Ihnen durch meine Ausführungen gezeigt zu haben, daß es nicht übertriebene Feierfreudigkeit ist, wenn wir uns heute an den 150. Geburtstag von Ohm erinnern. Wir haben allen Grund, die Erinnerung an diesen Mann hoch zu halten, der unter großen Schwierigkeiten aus Begeisterung für die Wissenschaft Werke hervorgebracht hat, die heute auf der ganzen Welt bekannt sind und in Hunderten von Jahren noch bekannt sein werden. Wir dürfen stolz auf ihn sein als Deutsche, und Sie als Kölner dürfen sich rühmen, daß er in Ihrer Stadt sein wichtigstes Werk geschaffen und seine schönsten Jahre verlebt hat.

Das Ohmsche Gesetz, sein Bereich und seine Deutung im Wandel der Zeit*).

Von **R. W. Pohl**, Göttingen.

DK 537.311.2

Georg Simon Ohm[1]) hat sein Gesetz in zwei verschiedenen Formen bekannt gegeben:

$$I = \frac{U}{R} \quad (1)$$

$$I = \varkappa \cdot R \frac{dU}{dx} \quad (2)$$

(I Stromstärke, U Spannung, $R = \frac{x}{F\varkappa}$ Widerstand, K Leitungsvermögen, F Querschnitt, x Länge des linearen Leiters, $\frac{dU}{dx}$ Spannungsgefälle. — Die Buchstaben $\varkappa$ und U wurden schon von Ohm benutzt, die übrigen sind die heute gebräuchlichen.)

Abb. 1. Von Ohm benutzte Versuchsanordnung.

Der Proportionalitätsfaktor zwischen Strom und Spannung, also $R = U/I$, heißt zunächst nicht Widerstand, sondern „reduzierte Länge". Grund: Ohm ersetzt einen Leiter von unbekanntem Widerstand durch einen elektrisch gleichwertigen Normaldraht und mißt dessen Länge. Das Wort Widerstand wird von Ohm[2]) erst seit 1829 benutzt und später besonders von Gustav Th. Fechner[3]) befürwortet.

Ohm hat sein Gesetz experimentell gewonnen, und zwar in zwei Schritten. Der erste wird durch Abb. 1 erläutert. Als Stromquelle dient ein Thermoelement mit konstanter Spannung. Chemische Stromquellen hatten sich als nicht hinreichend konstant erwiesen. Die Stromstärke wird magnetisch gemessen. Ohm bestimmt mit einer Torsionsbandaufhängung das Drehmoment, mit dem er die Kompaßnadel trotz des Stromes dem Leiter parallel halten kann. Die Widerstände der Leiter werden nach einer Substitutionsmethode miteinander verglichen. Die Leiter bekommen die Form auswechselbarer Bügel.

Mit dieser Anordnung bestätigt Ohm nur ein schon von Davy[4]) 1821 bekannt gemachte Ergebnis: Metalldrähte von gleichem Widerstand und Werkstoff müssen das gleiche Verhältnis von Länge zu Querschnitt besitzen. Erst der zweite Schritt Ohms bringt etwas Neues von grundsätzlicher Bedeutung. Ohm variiert die Spannung seiner Stromquelle und mißt ihre Größe mit einer Reihenschaltung galvanischer Elemente. Er definiert die Spannung von m in Reihe geschalteten Elementen als m mal so groß wie die eines Elementes. Statt eigene Messungen auszuführen, stützt sich Ohm anfänglich auf ältere Versuche von Joh. Bischof. Dieser Physiker hat die Stromstärke elektrolytisch definiert. Ohm setzte die elektrolytische und magnetische Definition der Stromstärke einander proportional. Bei der Diskussion war er sich (im heutigen Sprachgebrauch) vollständig über den inneren Widerstand seiner Elemente klar. Ohm hat sein Gesetz experimentell lückenlos begründet und aufgebaut. Er hat anfänglich zwei, später aber alle drei Größen unabhängig voneinander gemessen und durch die Beziehungen (1) und (2) verknüpft.

Diesem kurzen Rückblick auf Ohms eigene Arbeiten sei ein Wunsch angefügt: Man möge im Unterricht nicht eingebürgerte mit historischen Darstellungen verwechseln. Die wirkliche elektrische Meßtechnik geht auf Ohm zurück, auf seine quantitative Erfassung der Spannung durch eine Reihenschaltung gleichartiger Elemente. Möge Ohms historische Leistung auch im Unterricht die gebührende Würdigung finden.

Die Aufgabe, die Ohm seinen Nachfolgern überlassen hat, ist aus der zweiten Fassung seines Gesetzes, also aus Gl. (2), ersichtlich. Beim Ohm ist das „Leitungsvermögen $\varkappa$" eine den Leiter kennzeichnende Stoffzahl. Es gilt, ihre physikalische Bedeutung herauszufinden, d. h. den Mechanismus der Elektrizitätsleitung aufzuklären. Das ist mit Hilfe atomistischer Bilder geglückt. Diese Bilder haben zunächst für die Elektrizitätsleitung in Flüssigkeiten und Lösungen eine greifbare Gestalt angenommen.

---

*) Gekürzter Abdruck eines anläßlich der Ohm-Gedächtnisfeier am 16. 3. 1939 in Berlin gehaltenen Vortrages.

[1]) G. S. Ohm, Schweiggers J. 46 (1826) S. 137; ders., Pogg. Ann. 6 (1826) S. 459, 7 (1826) S. 45; ders., Die galvanische Kette, Berlin 1827, Verlag Th. Riemann.

[2]) H. Schimank, ETZ 60 (1939) H. 11, S. 330.

[3]) S. Th. Fechner, Maßbestimmungen über die galvanische Kette, Leipzig 1831, Brockhaus.

Im Vorwort heißt es: Die Gesamtheit meiner Versuche kann gar keinen Zweifel übrig lassen, daß die allgemeine Form der Formel, die Ohm für die Kraft der geschlossenen Kette aufgestellt hat, die richtige sei, und ich kann demnach nicht umhin, Ohm das Verdienst beizumessen, mit den wenigen Buchstaben dieser so einfachen Formel eine neue Epoche für die Lehre des Galvanismus begründet zu haben. ...Sie verknüpft ein großes Gebiet von Erscheinungen, die früher chaotisch und rätselhaft nebeneinander standen und gibt sichere Anhaltspunkte für das Maß derselben, so daß jetzt eine wissenschaftliche Behandlung derselben möglich ist. Ich wünsche, daß meine Schrift dazu beitragen möge, diesem Verdienste Ohms eine größere Anerkennung, als es bisher der Fall gewesen ist, zu verschaffen.

Diese Sätze stellen wahrlich sowohl dem Gerechtigkeitssinn wie dem wissenschaftlichen Weitblick Fechners ein glänzendes Zeugnis aus.

[4]) Davy, Gilberts Ann. 71 (1821) S. 241. Diese Arbeit enthält auch Davys Entdeckung, daß das elektrische Leitungsvermögen der Metalle mit steigender Temperatur abnimmt. Davy beschreibt einige eindrucksvolle Schauversuche.

An erster Stelle ist Theodor von Grotthuss[5]) (1805) zu nennen. Er denkt sich die Moleküle eines gelösten Salzes undissoziiert aus zwei Partnern von entgegengesetzter Ladung zusammengestellt. Die negativen sind in Abb. 2 weiß, die positiven schwarz gezeichnet. Durch die Anziehung seitens der Elektroden bewegen sich die Partner in Richtung der Pfeile, Zeile *a*. Dadurch gelangt je ein geladener Partner zu den Elektroden, alle übrigen vereinigen sich mit ihrem Nachbar zu einem neuen neutralen Molekül, Zeile *b*. Eine 180°-Drehung stellt dann den Ausgangszustand, Zeile $c = a$, wieder her. Das Spiel kann von neuem beginnen.

J. J. Berzelius[6]) setzt die entgegengesetzt geladenen Partner neben statt hintereinander, Abb. 3. Zeile *a* zeigt den Zustand vor Beginn der Wanderung, Zeile *b* nach zwei Schritten. Dies Bild übernimmt W. Hittorf (1853) für seine klassische Bestimmung der Überführungszahlen.

Abb. 2. Grotthuss 1805.

Abb. 3. Berzelius vor 1816, Hittorf 1853.

Abb. 4. Clausius 1857.

Abb. 5. Arrhenius 1887.

Abb. 2 bis 5. Atomistische Bilder zur Deutung der elektrolytischen Leitung. Abb. 5 bezieht sich auf den Grenzfall sehr verdünnter Lösungen.

Beide Bilder haben eine schwache Stelle. Sie fordern, daß die Aufspaltung der Moleküle erst unter Einwirkung des elektrischen Feldes erfolge. Diese Schwierigkeit hat Robert Clausius[7]) 1857 behoben. Nach Clausius soll in statischem Wechsel ein Teil der Moleküle in der Lösung in geladene Partner zerfallen, und diese sollen bis zur Vereinigung mit einem neuen Partner im Felde wandern können, Abb. 4. S. Arrhenius endlich hat 1887 in sehr verdünnten Lösungen alle Moleküle in geladene Partner dissoziiert angenommen, Abb. 5.

Für Lösungen trifft das Bild von Arrhenius zu, es sind, nicht nur in verdünnten Lösungen, alle Moleküle dissoziiert. Das gleiche gilt für feste Salze. Doch können sich in ihnen nur Ionen bewegen, die sich in thermisch gestörten Gitterbereichen befinden. Beteiligen sich an der elektrolytischen Leistung kristalliner Körper auch Elektronen, so muß man auf die alten von Clausius verbesserten Bilder zurückgreifen.

Mit solchen atomistischen Bildern hat man den Mechanismus zu verstehen gelernt, der dem Ohmschen Gesetz zugrunde liegt: Die Elektrizitätsträger sind nach Zahl und Art unabhängig vom Fließen des Stromes. Ihre Geschwindigkeit ist im stationären Zustande — nur für diesen gilt Ohms Gesetz! — dem Spannungsgefälle nach dem Ort, $\frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}x}$, proportional. Die von Ohm eingeführte Stoffzahl des Leitungsvermögens erhält die Bedeutung eines Produktes:

$\varkappa$	=	$c \cdot e$	·	v
Leitungsvermögen		Konzentration mal Ladung der Trägerpaare		Beweglichkeit, d. h. Geschwindigkeit im elektr. Einheitsfeld

Die Proportionalität zwischen Trägergeschwindigkeit und Feldstärke $\frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}x}$ besagt, daß sich die Träger unter Überwindung reibungsähnlicher Widerstände durch den Stoff hindurchbewegen.

Die atomistische Deutung des Ohmschen Gesetzes hat schließlich eine sehr anschauliche Form angenommen. Man kann die Bewegung der Elektrizitätsträger mit dem Auge verfolgen und ihre Geschwindigkeit messen. Hier sei auf einen früheren Aufsatz des Verfassers verwiesen[8]). Mit der elektrolytischen Leitung hat man vor etwa zehn Jahren auch experimentelle Bedingungen verwirklichen können, unter denen die für das Ohmsche Gesetz notwendigen Voraussetzungen nicht mehr erfüllt sind. Es handelt sich um Elektrolyte sehr großer Konzentration und um abnorm hohe elektrische Feldstärken[9]) (Max Wien).

1882 erfährt dann der Anwendungsbereich des Ohmschen Gesetzes eine große Erweiterung. Giese zeigt, daß das Ohmsche Gesetz für die Ionenleitung in Flammengasen anwendbar ist, und ab 1894 werden diese Untersuchungen von J. J. Thomson und seinem Mitarbeiterkreis in Cambridge so erweitert, daß die Elektrizitätsleitung in Gasen heute ihrem Mechanismus nach weitgehend bekannt ist. In Gasen lassen sich besonders leicht experimentelle Bedingungen verwirklichen, unter denen die Voraussetzungen für das Ohmsche Gesetz nicht mehr erfüllt sind. Sie geben eine Fülle von Möglichkeiten, diese Voraussetzungen in Schauversuchen vorzuführen.

Am langsamsten ist die Erkenntnis des Leitungsmechanismus gerade bei den Stoffen vorgeschritten, von denen Ohm bei seinen Arbeiten ausgegangen war, nämlich den Metallen. Noch 1876 hielt man es in England für notwendig, durch experimentelle Präzisionsarbeiten festzustellen, ob das Ohmsche Gesetz wirklich die von seinem Entdecker beanspruchte strenge Gültigkeit besitzt. Die unter entscheidender Mitwirkung von Clerk Maxwell arbeitende Kommission erbrachte eine glänzende Rechtfertigung Ohms[10]).

Schon früher beginnen die ersten Versuche, das Ohmsche Gesetz in Metallen atomistisch zu verstehen. W. Weber (1864) dachte an zeitweilige Dissoziationen der beiden, die Ampereschen Molekularströme bildenden Ladungen[11]). Erst Riecke[12]) (1898) und Drude[13]) (1900) kamen zu brauchbaren Vorstellungen. Drude betrachtete ein Metall als Gitter positiver Metallionen, erfüllt mit einem Elektronengas. Trotz mancher Erfolge verblieb bei diesen Arbeiten eine ernste, die Wärmeeigenschaften der Metalle betreffende Schwierigkeit. Sie ließ sich nicht mit den klassischen Anschauungen beheben, sondern erst mit dem Begriff der Gasentartung. Hier hat Sommerfeld Großes geleistet, seine Arbeiten gehören den letzten Jahren an.

Seit Ohm sein Gesetz formuliert hat, sind jetzt 113 Jahre vergangen. Es hat allen experimentellen Nachprüfungen standgehalten. Durch die atomistische Deutung des Leitungsvorganges sind die Grenzen seiner Anwendbarkeit klargestellt worden. Sie lassen sich experimentell

5) Th. v. Grotthuss, Ann. Chim. 58 (1806) S. 54. Abdruck einer 1805 in Rom erschienenen Arbeit.
6) J. Berzelius, Elemente der Chemie, Verlag Teubner, Leipzig 1816, übersetzt von I. G. L. Blumhof nach dem 1808 erschienenen schwedischen Original. Der hier interessierende Text findet sich auf S. 119 und die zugehörigen Bilder sind J und K auf Tafel Ia.
7) R. Clausius, Pogg. Ann. 101 (1857) S. 338.

8) R. W. Pohl, ETZ 57 (1936) S. 321.
9) Vergl. R. W. Pohl: Einführung in die Elektrizitätslehre, 4. Aufl., Springer, Berlin 1935, S. 178.
10) Cl. Maxwell, Rep. Brit. Ass. (1876) S. 36.
11) Gesammelte Werke, Band IV, Seite 291, Abschnitt 19, Verlag J. Springer 1894.
12) E. Riecke, Ann. Phys., Lpz. 66 (1898) S. 353.
13) Drude, Ann. Phys., Lpz. 1 (1900) S. 566.

nur bei Gasen und Flüssigkeiten erreichen. In metallischen Leitern kann man auch heute noch keine Abweichung vom Ohmschen Gesetz verwirklichen. So bildet das Ohmsche Gesetz, angewandt auf metallische Leiter, mit vollem Recht ein Fundament der gesamten elektrischen Meßtechnik. Ohms große Entdeckung, experimentell gefunden und mathematisch präzis formuliert, hat international die gebührende Anerkennung gefunden.

Ohms akustisches Grundgesetz und die neueren Anschauungen über die Klanganalyse durch das Ohr*).

Von **Ferdinand Trendelenburg**, Berlin.

DK 534.4/6(09)

Im Jahre 1843 veröffentlichte Georg Simon Ohm in den Annalen der Physik[1]) eine Arbeit mit dem Titel „Über die Definition des Tons nebst daran geknüpfter Theorie der Sirene und ähnlicher tonbildender Vorrichtungen". Diese Untersuchung ist für die Akustik, und zwar insbesondere für die Klangforschung von grundlegender Bedeutung geworden.

Ohm stellte sich die Aufgabe, zu klären, welche Töne von einer Sirene, und zwar von einer Seebeckschen Lochsirene[2]) abgestrahlt werden. Er definierte hierbei zunächst als „Ton" einen solchen Schallvorgang, dessen Schwingungsform rein sinusförmig ist; der Ton wird also nach Ohm dargestellt durch einen Ausdruck von der Form $A = A_0 \sin 2\pi f t$. Diese von Ohm gegebene Definition des Tones liegt auch der jüngst erfolgten Benennung eines sinusförmigen Schallvorganges durch den Deutschen Akustischen Ausschuß zugrunde, ein derartiger Vorgang wird mit „einfacher Ton" bezeichnet.

Ohm zeigte dann, wie man nichtsinusförmigen Schall, z. B. den von der in Frage stehenden Lochsirene abgestrahlten zusammengesetzten Schall, in eine Reihe von sinusförmigen Schwingungen, nämlich in die Grundschwingung von der Frequenz f_0 und in zur Grundschwingung harmonische Oberschwingungen, deren Frequenz ein ganzzahliges Vielfaches der Frequenz der Grundschwingung ist, zerlegen kann. Ohm stellt den Schallvorgang also dar in einer Fourierreihe von der Form

$$p(t) = p_1 \sin(2\pi f_0 t + \varphi) + p_2 \sin 2(2\pi f_0 t + \varphi_2) + p_3 \sin 3(2\pi f_0 t + \varphi_3) + p_4 \sin 4(2\pi f_0 t + \varphi_4).$$

Er sagt hierzu: „Als Mittel der Beurteilung, ob in einem gegebenen Eindruck die Form $a \sin(2\pi m t + p)$ als reeller Bestandteil enthalten sei oder nicht, gebrauche ich das durch seine vielfache und wichtige Anwendung berühmt gewordene Theorem von Fourier.........." Man sieht es der von Ohm gewählten, so bescheidenen Formulierung nicht an, daß der Akustik mit der Einführung des Fourierschen Prinzips ein neues und außerordentlich leistungsfähiges Werkzeug zu vielseitigster Verwendung auf allen möglichen Gebieten der Forschung in die Hand gegeben wurde. Freilich — das Prinzip selbst war seit einem Vierteljahrhundert bekannt. J. P. Fourier[3]) hatte bei der mathematischen Behandlung von Fragen der Wärmelehre den Satz aufgestellt, daß man jede beliebige Funktion in eine harmonisch aufgebaute trigonometrische Reihe zerlegen kann. Fourier hatte diesen Satz aber lediglich zur Lösung der Differentialgleichung der Wärmeleitung benutzt, also zur Lösung eines Problems, welches an sich nicht das geringste mit Schwingungen zu tun hat. Die große Fruchtbarkeit der Anwendung dieses Prinzips auf Schwingungsprobleme, insbesondere solche akustischer Natur, tritt aus den Originalmitteilungen Fouriers durchaus noch nicht hervor. Es findet sich in bezug auf Schwingungsprobleme in seinen Arbeiten lediglich ein ganz kurzer Hinweis, daß das neue Prinzip die noch bestehenden Schwierigkeiten der von D. Bernouilli aufgestellten Theorie der schwingenden Seite kläre. Ohm war es, der als erster das Fouriersche Prinzip zu tief schürfender Behandlung akustischer Probleme heranzog und damit der Akustik neue Wege wies.

Ohm beschäftigt sich in der genannten Untersuchung und in einer weiteren[4]), den Titel „Noch ein paar Worte über die Definition des Tons" tragenden Arbeit eingehend mit der Frage, wie zusammengesetzte Schallvorgänge auf das Ohr wirken. Das wichtigste Ergebnis dieser Überlegungen Ohms hat Hermann von Helmholtz[5]) folgendermaßen formuliert:

„Das menschliche Ohr empfindet nur eine pendelartige Schwingung der Luft als einfachen Ton, jede andere periodische Luftbewegung zerlegt es in eine Reihe von pendelartigen Schwingungen und empfindet die diesen entsprechende Reihe von Tönen". Es ist üblich, diesen Satz als „Ohmsches Gesetz der Akustik" zu bezeichnen, er ist freilich in dieser Form nicht von Ohm selbst ausgesprochen worden, sondern stellt lediglich eine von Helmholtz stammende prägnante Zusammenfasung der Gedanken Ohms dar.

Die Annahme Ohms, daß das menschliche Ohr eine Art von Fourieranalyse durchführt, ist eine Idee, deren Genialität um so mehr zu bewundern ist, als Ohm jede nähere Kenntnis des physiologischen Mechanismus des Tonhöhenunterscheidungsvermögens des Gehörgangs noch fehlte.

Die Forscher, welche die Gedanken Ohms zuerst wieder aufgegriffen und durch wichtige Untersuchungen belegen und erweitern konnten, sind S. Brandt[6]) und vor allen Dingen H. von Helmholtz[5]). Helmholtz konnte mit seinen Resonatoren aus zusammengesetzten Schallvorgängen einzelne Teilschwingungen isolieren und so ihre Existenz dem Gehör weit deutlicher ins Bewußtsein rufen, als dies bei unbewaffnetem Ohr möglich ist; es gelang Helmholtz, die Stärke des Mitschwingens der einzelnen Resonatoren subjektiv sehr gut abzuschätzen, seine Feststellungen über die Zusammensetzung natürlicher Schallvorgänge finden wir auch heute noch, wo uns außerordentlich leistungsfähige Verfahren zur Klanganalyse zur Verfügung stehen, immer wieder bestätigt.

Helmholtz war es auch, der zuerst eine Theorie des Klanganalysierungsvermögens des Ohres gegeben hat,

---

*) Gekürzter Abdruck eines anläßlich der Ohm-Gedächtnisfeier am 16. 3. 1939 in Berlin gehaltenen Vortrages.

1) G. S. Ohm, Pogg. Ann. Phys. u. Chem. 135 (1843) S. 513.

2) Vgl. A. Seebeck, Pogg. Ann. Phys. u. Chem. 129 (1841) S. 417.

3) J. P. Fourier, Mémoires de l'Académie de France, IV, S. 185, Paris 1824. (Vgl. insbesondere S. 316.) Diese Arbeit Fouriers ist übrigens, wie häufig bei der Datierung der Fourierschen Entdeckung nicht beachtet wird, bereits am 28. 9. 1811 der Akademie vorgelegt worden. Vgl. auch J. P. Fourier, Theorie de la chaleur, S. 258, Paris 1822.

4) Pogg. Ann. Phys. u. Chem. 138 (1844) S. 1.

5) Hermann von Helmholtz, Die Lehre von den Tonempfindungen, S. 97; 6. Auflage, Braunschweig 1913.

6) S. Brandt, Pogg. Ann. Phys. u. Chem. 112 (1861) S. 324. Die Arbeit ist 1855 verfaßt worden. Brandt zeigt in dieser Arbeit, wie man bei einer Saite durch entsprechende Wahl der Lage der Anzupfstelle bestimmte Teiltöne hervorheben bzw. unterdrücken kann.

wir wollen seine Ansichten hier kurz skizzieren und dann sehen, wie weit diese auch heute noch bestehen können bzw. in welchen Punkten sie ergänzt oder auch verlassen werden mußten.

Abb. 1 zeigt einen Schnitt[7]) durch das Gehörorgan. Die vom Schall verursachten Druckschwankungen im Gehörgang rufen erzwungene Schwingungen des Trommelfells hervor. Die Trommelfellschwingungen werden über einen (zur Drucktransformation dienenden) Hebelmechanismus, die Gehörknöchelchenreihe, auf das mit einer Membran abgeschlossene, zum inneren Ohr führende „ovale" Fenster übertragen. Die Hohlräume des inneren Ohrs sind mit Lymphflüssigkeit gefüllt. Der für das Hörvermögen wesentliche Teil ist die Schnecke. Die Schnecke ist durch eine häutige Membran, die Basilarmembran, in zwei Teile geteilt. An der oberen Schneckenhälfte befindet sich das erwähnte ovale Fenster, an der unteren Hälfte das ebenfalls mit einer Membran überzogene „runde" Fenster. Über der Basilarmembran verteilt sind die Nervenendigungen des Nervus acusticus an-

G Gehörgang *K* Gehörknöchelchen *N* Nervus acusticus
S Schnecke *T* Trommelfell

Abb. 1. Das Gehörorgan.

geordnet. Trifft Schall auf das Trommelfell und treten damit Wechselkräfte am ovalen Fenster auf, so laufen entsprechend dem Schallvorgang in der Schnecke Druckschwankungen ab. Die Basilarmembran führt erzwungene Schwingungen aus, und es kommt dann an den Stellen, an welchen die Schwingungsamplitude genügend groß ist, zu einer mechanischen Reizung der Nervenendigungen. Helmholtz nahm nun an, daß die einzelnen Querfasern der Basilarmembran[8]) verschieden hoch abgestimmt sind, und zwar liegen nach Helmholtz die hoch abgestimmten Fasern fensternahe, die tief abgestimmten fensterfern. Töne bestimmter Höhe sind also nach Helmholtz bestimmten, eng begrenzten mitschwingenden Zonen der Basilarmembran zugeordnet, so daß dann beim Auftreffen von Schall tiefer Frequenz bestimmte fensterfern liegende Endigungen des Nervus acusticus durch das Mitschwingen der Basilarmembran gereizt werden, beim Auffallen hoher Töne aber fensternahe liegende Endigungen. Gegen die Helmholtzsche Theorie wurde (neben anderen gewichtigen Einwänden) derjenige erhoben, daß es schwer einzusehen ist, wie bei den in Frage kommenden Spannungsverhältnissen der Membranfasern ein Tonbereich von etwa 10 Oktaven überdeckt werden kann. Dieser Einwand läßt sich schwer entkräften, so daß es wohl nicht mehr möglich ist, diese an sich so bestechend einfachen Helmholtzschen Vorstellungen aufrecht zu erhalten. Trotzdem ist eine Aussage der Helmholtzschen Theorie auch heute noch ein ungemein wichtiger Eckstein unserer Anschauungen über den Mechanismus des inneren Ohrs, nämlich diejenige Aussage, daß eine eindeutige örtliche Zuordnung der Töne verschiedener Frequenz zu bestimmten eng lokalisierten Stellen der Basilarmembran besteht und daß die tiefen Töne fensterfern, die hohen fensternahe zugeordnet sind. Tatsächlich haben zahlreiche Untersuchungen[9]) bestätigt, daß eine derartige Zuordnung richtig ist. Tierversuche zeigten nämlich, daß mechanische Schädigungen fensterferner Teile das Hörvermögen für tiefe Töne, solche fensternaher Teile dasjenige für hohe Töne vernichten und daß durch überstarke Darreichung tiefer Töne die Basilarmembran an fensterfernen Stellen, durch eine Darreichung hoher Töne an fensternahen Stellen durchlöchert werden kann.

Die Vorgänge im inneren Ohr sind neuerdings — und zwar insbesondere an sehr sorgfältig angelegten Modellversuchen — von G. von Békésy eingehend untersucht worden[10]). Die Ergebnisse dieser Arbeiten zeigen, daß mit großer Wahrscheinlichkeit folgende Anschauung die Verhältnisse richtig wiedergibt: Beim Auftreffen von Schallwellen läuft vom ovalen Fenster aus längs der Basilarmembran eine örtlich stark gedämpfte Wanderwelle ab, die nahe des ovalen Fensters liegenden Teile der Basilarmembran schwingen hierbei gleichphasig mit der Erregung, während in einer bestimmten — von der Tonhöhe abhängigen — Entfernung vom ovalen Fenster die Phase wechselt. In dem Phasenübergangsgebiet bilden sich auf beiden Seiten der Basilarmembran zueinander gegenläufige Wirbel aus, mit der Existenz dieser Wirbel steht dann die Erregung der Nervenendigungen im ursächlichen Zusammenhang. Békésy konnte nachweisen, daß die Wirbel bei hohen Tönen fensternahe, bei tiefen Tönen fensterfern auftreten, daß die Lage der Wirbel also der von dem Ergebnis der Tierversuche geforderten entspricht. Békésy konnte auch an Modellversuchen zeigen, daß die Wirbel in der Lage sind, ein Membrangebilde von der Basilarmembran ähnlichen Eigenschaften mechanisch zu zerstören. Trotzdem die Basilarmembran selbst in verhältnismäßig großem Ausmaß an den Schwingungen teilnimmt, liegt also hier eine ausgesprochene „Einortstheorie" vor.

Die vorstehenden Ausführungen zeigen, wie man sich nach den Ergebnissen der neueren physiologischen Forschung den Mechanismus der Klanganalyse im Ohr zu erklären hat; die Analyse kommt durch eine Zuteilung der Reize verschiedener Tonhöhe auf verschiedene Gebiete der Nervenendigungen des Nervus acusticus zustande. Wenn man bedenkt, welch großen apparativen Aufwand man auch bei den neuesten technischen Verfahren anzuwenden hat, um brauchbare Klanganalysen zu erhalten, kann man nur bewundern, in welch kleinem, nur etwa einen halben Kubikzentimeter umfassenden Raum die Klanganalyse im Gehör erfolgt. Zu bewundern ist aber auch, in welch genialer Weise Ohm die wesentlichsten Züge dieses der Forschung so schwer zugänglichen Mechanismus erkannte.

Gewisse Einzelheiten freilich blieben Ohm noch verborgen. So wußte er beispielsweise noch nicht im einzelnen, wie groß die Empfindlichkeit des Ohres für Töne verschiedener Höhe ist. Hier schafften erst die etwa ein halbes Jahrhundert nach Ohm durchgeführten Arbeiten von Max Wien[11]) völlige Klarheit. Heute weiß man genau, wie die Empfindlichkeitskurve des Ohres bei den verschiedenen Schallstärken verläuft, das heißt also, anders ausgedrückt, man weiß genau, welche Frequenzkurve das Ohr beim Analysieren besitzt.

Ohm hat auch eine andere Eigenschaft des Ohres noch nicht berücksichtigt, und zwar diejenige, daß das

---

[7]) Der in Abb. 1 dargestellte Schnitt durch das Gehörorgan ist stark idealisiert. Die Schnecke ist abgerollt gezeichnet. Das die Nervenendigungen enthaltende Cortische Organ ist der Übersichtlichkeit halber fortgelassen.

[8]) Die Basilarmembran ist etwa 35 mm lang, am ovalen Fenster ist sie etwa 0,04 mm breit, an der Schneckenspitze wächst sie auf etwa 0,5 mm.

[9]) Vgl. insbesondere H. Held u. F. Kleinknecht, Pflügers Arch. 16 (1927) S. 1. — M. Gildemeister, Z. Hals-Nasen- u. Ohrenheilkde. 27 (1930) S. 299.

[10]) G. von Békésy, Elektr. Nachr.-Techn. 12 (1935) S. 71. Es sei hier auch noch auf eine wichtige Arbeit von O. Ranke verwiesen, in welcher die Theorie der hydrodynamischen Vorgänge in der Schnecke gebracht wird: O. F. Ranke, Die Gleichrichter-Resonanztheorie. Habilitationsschrift, Heidelberg 1931.

[11]) M. Wien, Pflügers Arch. 97 (1903) S. 1.

Ohr keine unendlich große Analysierschärfe aufweist. Fallen nämlich auf das Ohr zwei Sinusschwingungen dicht benachbarter Frequenz, so hört es die diesen Schwingungen entsprechenden Töne nicht mehr getrennt heraus, sondern es empfindet einen Ton, dessen Höhe zwischen den beiden Primärtönen liegt und dessen Stärke mit der Differenzfrequenz der beiden Ausgangstöne wechselt; es nimmt „Schwebungen" wahr. Dieser im Ohmschen Grundgesetz noch nicht enthaltene Effekt ist nach unserer Kenntnis der Vorgänge im inneren Ohr leicht zu verstehen. Schon die alte Helmholtzsche Resonanztheorie zeigt ohne weiteres, daß ein Schwebungseffekt zustande kommen muß, es wird ja bei jedem Ton nicht nur eine einzige diskrete Faser der Basilarmembran erregt, sondern ein Fasergebiet, dessen Breite von der Dämpfung der Resonanz abhängt. Zwei eng benachbarte Töne erregen also notwendigerweise eine Gruppe von Nervenendigungen mit einer mit der Schwebungsfrequenz schwankenden Stärke. Auch wenn man die Wirbelanschauung zugrunde legt, kommt man nicht zu einer extrem lokalisierten Erregungsstelle, sondern zu einem gewissen Erregungsbereich der Nervenenden, so daß also auch hier der Schwebungseffekt verständlich ist. Die Tatsache, daß das Ohr sehr eng benachbarte Komponenten nicht mehr trennen kann, erscheint auch nach der sonstigen neuen physikalischen Erfahrung verständlich. Ganz allgemein liegen die Dinge gemäß den Unbestimmtheitsrelationen der Wellenlehre so, daß eine Aussage über die Frequenz einer Schwingung mit einer gewissen Unsicherheit behaftet ist, und zwar wird diese Unsicherheit um so größer, je geringer die Zeit ist, die für die Frequenzanalyse zur Verfügung steht. Das Ohr muß nun aber in der Lage sein, verhältnismäßig rasche Aussagen über Tonhöhen zu machen, sonst wäre es ihm ja nicht möglich, Tonhöhenänderungen, beispielsweise in der Musik zu verfolgen. So lange man also nicht annimmt, daß der Analysiermechanismus des Ohres für Töne kurzer Dauer grundsätzlich von derjenigen für Töne langer Dauer verschieden ist, folgt hieraus rein physikalisch, daß die Analysierschärfe des Ohres nur eine begrenzte ist, mit anderen Worten ausgedrückt also, daß es dicht benachbarte Töne nicht so scharf trennen kann, wie dies rein mathematisch möglich ist.

Auch in einer anderen Beziehung noch verhält sich das Ohr etwas anders als ein idealer Analysator. Fallen nämlich auf das Ohr zwei verschieden starke, in ihrer Frequenz nicht zu weit entfernte Töne, so wird unter Umständen nur der stärkere Ton wahrgenommen und der schwächere kommt nicht ins Bewußtsein. Man nennt diesen Effekt den Verdeckungseffekt.

Eine weitere, in physiologischen Effekten begründete Erscheinung ist bereits zwischen Ohm und Seebeck eingehend erörtert und von Ohm richtig erklärt worden. Seebeck[12]) hatte darauf hingewiesen, daß das Ohr häufig den Grundton auch bei solchen Klängen, welche ihn physikalisch objektiv nur sehr schwach enthalten, verhältnismäßig stark wahrnimmt, und zwar hatte Seebeck dies an seiner Lochsirene bei einer bestimmten Lochanordnung, welche den Grundton nur sehr schwach liefern sollte, beobachtet. Ohm erklärte die große Stärke des Grundtones dadurch, daß er annahm, der Grundton sei durch Kombinationstonbildung, und zwar durch Differenztonbildung zwischen in der Ordnungszahl benachbarten Obertönen verstärkt worden. Ohm stellte zunächst ausdrücklich fest, daß diese Beobachtung nicht die Berechtigung seiner Definition des Tones erschüttern könne. Er sagt dann: „Es könnte daher wohl geschehen, und das Dasein der Kombinationstöne leistet im Grunde eine Gewähr dafür, daß die folgenden Glieder der Reihe den im ersten Glied enthaltenen Ton zu verstärken imstande wären." Weiterhin sagt er: „Mir scheint es geratener, weil die von Seebeck vorgeschlagene Änderung an der Definition des Tones in ein neues Labyrinth zu führen scheint, lieber gleich die Schuld davon auf unser Ohr zu schieben, daß einer Täuschung oder, wenn man will, Verwöhnung in der Art ausgesetzt ist, daß es zu den tiefsten Tönen solche höheren Töne, welche zu ihm das Verhältnis eines Beitones haben, ganz oder teilweise herüberzieht und als zu ihm gehörig ansieht; aber darum unwillkürlich ein falsches Urteil über die relative Stärke solcher Töne fällt."

Es ist erstaunlich, mit welcher Sicherheit Ohm hier den ausschlaggebenden Punkt erkannte, gelang es doch erst wesentlich später H. von Helmholtz[13]) die Entstehungsweise des von G. A. Sorge[14]) entdeckten Kombinationstoneffektes theoretisch zu deuten.

Helmholtz erklärte das Auftreten der Kombinationstöne als durch ein nichtlineares Verhalten des Gehörorgans verursacht. Abb. 2 zeigt das Verhalten eines

Abb. 2. Lineare und nichtlineare Charakteristik eines Schwingungssystems. Kombinationstonbildung durch Nichtliniarität.

Systems mit linearer Amplitudencharakteristik und das Verhalten eines solchen mit nichtlinearer Charakteristik. Während bei linear arbeitenden Systemen bei sinusförmiger angreifender Kraft auch die erzwungene Schwingung sinusförmig verläuft, ist dies bei nichtlinearen Systemen nicht der Fall. Die erzwungene Schwingung weicht dann von der Sinusform ab, es treten Obertöne auf. Läßt man auf ein solches System zwei Frequenzen f_1 und f_2 fallen, so machen sich in der erzwungenen Schwingung Kombinationstöne von der Frequenz

$$m f_1 \pm n f_2 \; (m, n = 1, 2, 3 \ldots .)$$

bemerkbar, fällt eine harmonische Teiltonreihe auf ein nichtlinear arbeitendes System, so wird also der Grundton als erster Differenzton $f_1 - f_2$ in der Ordnungszahl benachbarter Obertöne verstärkt; Abb. 2 (unterer Teil) zeigt die Differenztonbildung an einem nichtlinearen System nach einer Untersuchung von E. Waetzmann[15]).

Helmholtz war der Ansicht, daß die nichtlinear arbeitenden Teile des Gehörorgans teils das Trommelfell, teils die Gehörknöchelchenreihe seien; nach neueren Untersuchungen[16]) dürfte allerdings das Trommelfell nur in ganz verschwindendem Maß zu den nichtlinearen Erscheinungen beitragen, höchstwahrscheinlich veranlassen aber die hydrodynamischen Effekte im inneren Ohr nichtlineare Effekte.

[12]) A. Seebeck, Pogg. Ann. Phys. u. Chem. 136 (1843) S. 449.

[13]) Die Lehre von den Tonempfindungen, 6. Aufl., S. 646, Braunschweig 1913.

[14]) Vgl. hierzu F. Sorge, Z. techn. Phys. 13 (1932) S. 223.

[15]) E. Waetzmann, Ann. Phys. 42 (1913) S. 729. Die (nachträglich eingezeichnete) Mittellinie läßt den Differenzton sehr anschaulich erkennen.

[16]) G. von Békésy, Elektr. Nachr.-Techn. 12 (1935) S. 71.

Es ist nicht ohne Interesse, darauf hinzuweisen, daß die zwischen Seebeck und Ohm erörterte Frage 80 Jahre später von H. Fletcher[17]) — und zwar offenbar in Unkenntnis davon, daß die Erklärung für die Erscheinungen bereits von Ohm gegeben worden war —, erneut bearbeitet wurde. Fletcher schnitt bei elektrischen Klangübertragungen unterhalb einer gewissen Grenzfrequenz alle Komponenten ab und beobachtete dann, welche Tonhöhe vom Ohr solchen musikalischen Klängen zugeordnet wird, deren Grundton im abgeschnittenen Gebiet liegt. Es zeigte sich, daß das Ohr auch den objektiv nicht vorhandenen Grundton wahrnimmt und die Tonhöhe des Grundtons als diejenige des gesamten Klanges anspricht, insofern nur im Übertragungsbereich in der Ordnungszahl benachbarte höhere Teiltöne des Gesamtklanges liegen. Fletcher erklärte diese Beobachtung genau wie 80 Jahre vor ihm Ohm als Kombinationseffekt.

Die seit Ohm gewonnenen physiologischen und physikalischen Erkenntnisse über die Wirkungsweise des Gehörorgans bestätigen, wie zusammenfassend gesagt werden kann, die grundsätzlichen Aussagen des Ohmschen Gesetzes auf das beste. Das Gesetz bedarf aber noch einiger Ergänzungen, so insbesondere im Hinblick auf durch die endliche Analysierschärfe des Ohres, durch die Verdeckungseffekte und durch die Kombinationstonbildung bedingte Abweichungen gegenüber dem Verhalten eines idealen Analysators; weiterhin ist es erforderlich, die Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Ohres von der Frequenz und die Amplitudencharakteristik des Ohres in Rechnung zu stellen.

Die rechnerisch zuerst von Ohm und experimentell zuerst von Hermann von Helmholtz durchgeführte Zerlegung zusammengesetzter Schallvorgänge in sinusförmige Teilkomponenten ist auch heute noch die fundamentale Aufgabe der Klangforschung. An dem Ergebnis derartiger Klanganalysen ist nicht nur die Forschung selbst, sondern auch die Technik in hohem Maß interessiert. Ist es doch beispielsweise in der Klangübertragungstechnik nur dann möglich, die zur Uebertragung benutzten Apparaturen in ihren akustischen und elektrischen Eigenschaften zweckgemäß zu bemessen, wenn die physikalische Struktur der zu übertragenden natürlichen Schallvorgänge genau bekannt ist, wenn also Stärke und Frequenz der in dem Schallvorgang enthaltenen Komponenten ermittelt werden konnten.

Eine andere technische Aufgabe ist die Aufklärung der Eigenschaften von Störgeräuschen; aus der physikalischen Natur der Störgeräusche können häufig zur Beseitigung der betreffenden Störgeräusche geeignete Maßnahmen erkannt werden. Gerade in den letzten Jahren wurden sehr leistungsfähige elektrische Verfahren zur Klanganalyse geschaffen, mit deren Hilfe weitreichende Erkenntnisse über die Eigenschaften von Sprachlauten und Musikklängen, von technischen Geräuschen und von medizinisch wichtigen Geräuschen im menschlichen Körper gewonnen werden[18]).

Der Name Ohms ist jedem an technischen oder wissenschaftlichen Problemen Arbeitenden — wie man wohl ohne Übertreibung sagen kann: der ganzen Welt — bekannt. Weniger allgemein bekannt, aber darum nicht minder fruchtbar, sind die Leistungen Ohms für die Akustik und darüber hinaus für die gesamte Schwingungslehre. Die Klangforschung besonders aber denkt in Ehrfurcht des genialen Mannes, der zuerst den Weg zur physikalischen Klärung aller der Schallreize gewiesen hat, die irgend auf unser Ohr einwirken, und der das Verständnis dafür schuf, in welcher Weise die den verschiedenen physikalischen Reizen zugeordneten Sinneseindrücke zustande kommen.

[17]) H. Fletscher, Phys. Rev. 23 (1924) S. 427.

[18]) Über Ergebnisse der neueren Klangforschung wurde vor kurzem in dieser Zeitschrift [59 (1938) S. 475] berichtet.

Die Ohm-Gedächtnisfeier am 15. und 16. März 1939 in Köln.

DK 061.3

Die deutschen Ingenieure und Physiker verdanken Georg Simon Ohm so grundlegende Erkenntnisse, daß sie sich selbst ehrten, als sie am 16. März die 150. Wiederkehr seines Geburtstages feierten. Wenn der Verband Deutscher Elektrotechniker hier die Führung übernahm, so ist das eine Selbstverständlichkeit; denn er schenkte der Elektrotechnik ein Gesetz, das in seiner unübertrefflichen Einfachheit und Klarheit das Muster alles technischen Denkens ist. Die in Berlin vom VDE-Bezirk gemeinsam mit anderen wissenschaftlichen Vereinen veranstaltete Feier galt dem Forscher Ohm, die Kölner Feier dem Lehrer Ohm, dem wir Ingenieure in gleicher Weise zu Danke verpflichtet sind, denn seinem pädagogischen Talent verdankt das Gesetz die vorbildliche Klarheit. So hat der VDE die Kölner Feier gemeinsam mit der Universität als höchster Trägerin des Lehrgedankens ausgestaltet und in ihren Mittelpunkt den Vortrag eines Mannes gestellt, der selbst als Lehrer und Forscher jedem deutschen Ingenieur ein Begriff ist.

Am Vortage, am 15. 3., wurde im Staatlichen Dreikönigsgymnasium, Nachfolger des ehemaligen Jesuiten- und späteren Kölnischen Gymnasiums, eine Feier an der Lehrstätte Ohms in seiner Kölner Zeit gehalten, bei der Oberstudiendirektor Dr. Heinrichs nach Begrüßung der Ehrengäste in einer Festrede der zehnjährigen Tätigkeit Ohms als Lehrer in Köln gedachte. Im Anschluß an die Feier wurde am Hause Marzellenstraße 32, dem heutigen Generalvikariat, in dem Ohm während seiner Kölner Lehrtätigkeit gewohnt und auch seine Versuche in dem im gleichen Hause untergebrachten Physikalischen Kabinett durchgeführt hat, eine vom Kölner Bildhauer Stockheim entworfene Gedenktafel enthüllt. Die Inschrift der Tafel lautet:

Georg Simon Ohm
entdeckte in diesem Hause als Lehrer vom alten Kölnischen Gymnasium im Jahr 1826 das Grundgesetz der elektrischen Ströme. Die Hansestadt Köln weihte dem großen Physiker zum 16. März 1939, seinem 150. Geburtstage, diese Tafel.

Damit hat die Stadt Köln ein Versäumnis früherer Zeiten nachgeholt. Die Abiturienten haben der Anstalt eine Büste des berühmten Lehrers ihrer Schule gestiftet, geschaffen von Fester, einem ehemaligen Schüler des Dreikönigsgymnasiums. Ein nach der einzigen erhaltenen Photographie Ohms, die wir in der ETZ zum Gedächtnistage veröffentlichten[1]), von Gosekuhl gemaltes Ölbild wird an einem Ehrenplatz die Lehrer und Schüler an der Wirkungsstätte Ohms an den großen Lehrer und Forscher erinnern und ihnen sein Vorbild immer vor Augen stellen.

Im Mittelpunkt der Veranstaltung zu Ehren des großen Deutschen stand der Festakt in der festlich geschmückten Aula der Kölner Universität. Das Rheinische Landesorchester unter Leitung von Heribert Weyers leitete die Feier mit dem 1. Satz der C-Dur-Symphonie Nr. 1 von L. van Beethoven ein. Professor Dr. O. Kuhn, der Rektor der Universität, begrüßte die zahlreichen Festgäste und dankte für die vielen Glückwünsche aus dem In- und Ausland, so vor allem auch des Leiters des Nationalsozialistischen Bundes Deutscher

[1]) ETZ 60 (1939) H. 11, S. 329.

Technik, Generalinspektor Dr. Todt, und des Oberbürgermeisters der Stadt der Reichsparteitage, Nürnberg, in deren Mauern Ohm erstmalig an einer technischen Lehranstalt, der damals neugegründeten polytechnischen Schule, als Lehrer und später als Rektor gewirkt hat. Er machte die Mitteilung, daß das neue Physikalische Institut der Universität zum Gedenken an den großen Physiker den Namen „Georg Simon Ohm-Institut" tragen solle. In seinen weiteren Ausführungen stellte er Ohm den Studenten der Universität als leuchtendes Beispiel eines gewissenhaften Forschers hin, der auch unscheinbaren Kleinigkeiten vollste Aufmerksamkeit zuwandte, wenn von ihnen das Gelingen eines großen Werkes abhing.

Am 15t Januar

0/ 307¾ ∞ 2½
1/ 284 ∞ 2½
2/ 261¼
3/ 226½
4/ 181
5/ ~~128~~ 127¼
6/ 81½
7/ 47 ∞ 2½

7/ 46 ∞ 2
6/ 80
5/ 126¾
4/ 180
3/ 226
2/ 260¾
1/ 284½
0/ 307½ ∞ 2½

	0	1	2	3	4	5	6	7
[illegible]	305¾	281½	259	224	178½	124½	79	44½
[illegible]	305	282	258¾	223½	178	124¼	78	44

[illegible] 284 [illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible] 260 [illegible]
[illegible]
[illegible] 252 [illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
0 [illegible] 308 [illegible] 307¾
∞ [illegible] — — — + 4

Im Anschluß hieran sprach Professor Dr. Chr. Füchtbauer, ein Großneffe Ohms, dem als Direktor des Physikalischen Instituts der Universität Bonn die Arbeiten seines berühmten Vorfahren besonders nahestehen. Er wies in seinen Ausführungen darauf hin, daß sich in Köln Ohm zum ersten Male experimentell forschend betätigt habe, und daß dadurch seine Tätigkeit in Köln richtungweisend für sein ganzes Leben geworden sei.

Den Höhepunkt des Festaktes bildete die Rede von Professor Dr. J. Zenneck, die wir an der Spitze dieses Heftes in nahezu ungekürzter Form bringen konnten. In einer Feierstunde zogen das Leben und das Werk eines Mannes an den Zuhörern vorüber, der für die deutsche Elektrotechnik von so ausschlaggebender Bedeutung geworden ist. Nicht eine trockene Lebensbeschreibung oder tiefschürfende, aber ermüdende Analyse seines Tuns, sondern ein von innerem Mitempfinden der Zeit getragenes und auch der Mitwelt gerecht werdendes, liebevoll entworfenes Bild des großen Mannes und seiner Zeit wurde vor den Hörern entrollt. Die Feier klang mit der Ouvertüre in d-Dur von G. Fr. Händel aus.

Am Nachmittag wurde im Haus der Rheinischen Heimat die als Dauerschau zu Ehren G. S. Ohms errichtete Ausstellung eröffnet, die in enger Zusammenarbeit von Industrie, Handwerk und Lehrerschaft geschaffen worden ist. Eröffnet wurde sie vom Beigeordneten Niemeyer, N.S.-Lehrerbund, mit einer kleinen Ansprache, der sich eine Führung durch die Ausstellung anschloß. Im ersten Raum der Ausstellung sind Handschriften und Bilder G. S. Ohms und der beiden anderen Männer Volta und Ampère vereint, deren Namen gleich dem von Ohm als Bezeichnungen elektrischer Größen in die Technikgeschichte eingegangen sind, und die, symbolisch verknüpft, den Inhalt des Ohmschen Gesetzes selbst darstellen. Im anschließenden Saal sind Instrumente, Zeichnungen und Niederschriften Ohms vereint, die mit der Entdeckung seines elektrischen Gesetzes zusammenhängen. Einen kleinen Ausschnitt aus den Niederschriften über die Messungen, die zur Entdeckung des Ohmschen Gesetzes führten, zeigt die nebenstehende Wiedergabe. Sie ist der Festschrift entnommen, die vom Kölnischen Geschichtsverein aus Anlaß der Jubelfeier herausgebracht[2]) worden ist. Die anschließenden Räume enthalten eine große Anzahl betriebsfertig aufgebauter Versuchsanordnungen, die alle in irgendeiner Form Bezug auf das Ohmsche Gesetz haben und dartun, wie weit dieses Gesetz in alle möglichen Fragen der Elektrotechnik und Elektrophysik eingreift. Man muß der Elektroindustrie und dem VDE-Bezirk Köln danken, daß sie trotz der erheblichen Schwierigkeiten infolge des starken Beschäftigungsgrades der deutschen Industrie die rechtzeitige Fertigstellung der Ausstellung ermöglicht haben.

So hat der VDE auch in Köln, zusammen mit all den anderen Stellen, eine Feier veranstalten können, die den Namen eines großen deutschen Forschers in das Gedächtnis der Stadt einhämmern soll, in deren Mauern er das Grundgesetz der Elektrotechnik geschaffen hat.

Harald Müller VDE.

[2]) s. n. S. 464 dieses Heftes.

Die Ohm-Gedächtnisfeier in Berlin.

DK 061.3

Berlin ist nun einmal der Schwerpunkt der Elektrotechnik in Deutschland, und so ließen es sich die Berliner Ingenieure nicht nehmen, in einer eigenen Vortragsveranstaltung am 16. 3. das Gedächtnis Georg Simon Ohms gelegentlich der 150. Wiederkehr seines Geburtstages zu ehren. Für eine Reihe wissenschaftlicher Fachverbände, unter denen sich auch der VDE und dessen Bezirk Berlin befanden, hatte die Deutsche Gesellschaft für Geschichte der Medizin, Naturwissenschaft und Technik EV. die Veranstaltung vorbereitet. Es darf gleich vorweggenommen werden, daß dieser gut besuchte Vortragsabend im Großen Physiksaal der Technischen Hochschule für alle Beteiligten zu einer wirklichen Feier wurde. Die Vortragenden waren Meister ihres Fachs und verfügten auch über die Rednergabe, die notwendig ist, um den Hörer nicht nur zu interessieren, sondern auch mitzureißen.

Herr Prof. Dr. C. Matschoß sprach einführend über den Zweck des Abends und begrüßte die erschienenen Gäste. Die Feier stehe unter dem großen Eindruck weltgeschichtlichen Geschehens; und doch könne man im Vertrauen auf die sichere Leitung unserer Geschicke die geplante Veranstaltung zur Ehrung eines stillen Gelehrten ruhig stattfinden lassen. Er gab dann das Wort dem ersten Vortragenden, Herrn Studienrat Dr. H. Schimank, Hamburg.

Herr Schimank sprach über „Ohm und seine Leistungen im Rahmen seines Zeitalters“; in der aus seinen Büchern und Aufsätzen bekannten Art verstand er es meisterhaft, das Bild des großen Forschers vor dem Hintergrund seiner Zeit erstehen zu lassen und gerade damit die Bedeutung seiner Leistung klarzumachen als eines der deutschen Physiker, die damals zu ihrem Teil an den Grundlagen des II. Reiches schufen. Er würdigte die Verdienste des Vaters Ohm um die Heranbildung seiner Söhne und flocht zahlreiche kleine persönliche Züge in die Schilderung des Werdeganges von Georg Simon Ohm[1]), der nach einer 1805 abgelaufenen kurzen Gymnasialzeit zunächst in seiner Vaterstadt ein recht ungebundenes Studentenleben führte, dann aber zur Weiterbildung und um selbst Geld zu verdienen sich nach der Schweiz wandte. Es folgte die Promotion in Erlangen, die „brotlose“ Tätigkeit daselbst als Privatdozent und die Lehrerstellung in Bamberg, wo das erste Buch Ohms über mathematische Unterrichtsfragen eine höchst ungnädige Kritik seines Direktors fand. Nun kam die glücklichere Zeit in Köln, aus der er schon 1820 an den Vater schrieb, daß er eigene Untersuchungen aufnehmen wolle. Erst 1825 aber hatte er ein geeignetes Thema gefunden und veröffentlichte das (falsche) logarithmische Gesetz der Stromleitung. Herr Schimank glaubt annehmen zu dürfen, daß Ohm schon bald durch Analyse des Zahlenfaktors m des logarithmischen Gesetzes der richtigen Lösung gefühlsmäßig näher gekommen sei. Ein kurzer Überblick über das, was an tatsächlichem Wissen über die galvanische Elektrizität damals vorhanden war, gab den Hörern einen Begriff von den zu überwindenden Schwierigkeiten, deren Ohm erst Herr werden konnte, als ihm die Beurlaubung nach Berlin die nötige Zeit gewährte.

Als weniger geläufige Erkenntnisse aus der 1827 veröffentlichten Arbeit über die galvanische Kette hob Herr Schimank hervor, daß Ohm nächst Davy als erster die Vorstellung von der Ausbreitung der elektrischen Strömung durch den ganzen Querschnitt des Leiters entwickelte, und daß er aus der Form der Gleichungen bereits auf einen Zusammenhang zwischen Elektrizitäts- und Wärmeleitung schloß. Ergötzlich war die Verlesung dreier endloser Schachtelsätze aus der Schrift des zeitgenössischen Professors G. F. Pohl, der Ohms Buch völlig verdammte. Nichts konnte deutlicher zeigen, in welchen eigenartigen Gedankengängen sich damals wenigstens noch ein Teil der Physiker bezüglich des „Galvanismus“ bewegte.

Den vergeblichen Versuchen Ohms, eine Professur zu erlangen, folgte nun die Zeit als Lehrer in Nürnberg, in der nach längerer Pause Arbeiten über Kombinationstöne, über Lichtinterferenzen und schließlich das „Ohmsche akustische Gesetz“ erschienen, eine Arbeit, zu der Ohm nicht zuletzt durch die Verleihung der Copley-Medaille ermutigt worden war. Noch in Nürnberg begann er auch sein letztes Werk, von dem er jedoch nur mehr einen Band vollenden konnte. Die inzwischen dank der Hilfe früherer Schüler (z. B. Prof. Bauernfeind) endlich erfolgte Berufung an die Universität München bescherte der zeitgenössischen Physik als Dank Ohms u. a. die vorzüglichen „Grundzüge der Physik“. — Herr Schimank kennzeichnete schließlich die bescheidene und ehrliche Forschernatur Ohms durch Sätze aus dem Vorwort seines Physikbuches und schloß mit dem Wunsch, daß sich in Deutschland nicht noch einmal ein Forscherschicksal unter so schweren äußeren Umständen vollziehen möge, daß aber Deutschland immer Männer haben möge, die sich Georg Simon Ohm würdig zur Seite stellen dürfen.

Nun erhielt Herr Prof. Dr. R. W. Pohl, Göttingen, das Wort zu seinem Vortrag „Das Ohmsche Gesetz, sein Bereich und seine Deutung im Wandel der Zeit“. Die sehr klaren Ausführungen Herrn Pohls ergänzten zuerst die von dem Vorredner gegebenen Erörterungen der Ohmschen Arbeit und behandelten das Gesetz bis zu den neuesten Erkenntnissen der Physik über den Leitungsvorgang. Da der Vortrag des Herrn Pohl in diesem Heft[2]) auszugsweise wiedergegeben ist, kann auf eine Inhaltsangabe hier verzichtet werden.

Das gleiche gilt auch für den folgenden Vortrag[3]) von Herrn Prof. Dr. F. Trendelenburg, „Ohms akustisches Grundgesetz und die Ergebnisse der modernen Klanganalyse“. Herr Trendelenburg unterstützte seine auch für den Elektrotechniker sehr fesselnden Ausführungen durch gut gelungene Versuche. So zeigte er z. B. die von Helmholtz angestellten Versuche mit Resonatorkugeln zur Aussiebung von Obertönen dem großen Auditorium mit Hilfe des Kathodenstrahloszillographen.

Damit war die Vortragsfolge beendet; Herr Matschoß verlas ein Telegramm des Herrn Dr. Todt, Leiters des Hauptamtes für Technik, und danach ergriff Herr Prof Kloss das Wort, dankte den Vortragenden und hob noch einmal die Leistungen Ohms hervor. Sodann führte er die Hörer in wenigen packenden Sätzen aus dem stillen Scheine der Vergangenheit zurück in das große deutsche Geschehen der Gegenwart und schloß die Feier mit einem dreifachen Sieg Heil auf den Führer.

G. H. Winkler VDE.

[1]) Die folgenden Einzelheiten sind dem Vortrag entnommene Ergänzungen zu dem Aufsatz von H. Schimank in der ETZ 60 (1939) H. 11, S. 330.

[2]) S. 447.

[3]) S. 449 dieses Heftes.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.396.823

Rundfunkstörungen durch Hochspannungsisolatoren. [Nach M. Dick, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 29 (1938) S. 609; 6½ S., 4 Abb.]

Die Arbeit enthält bemerkenswerte Einzelheiten über Untersuchungen der Materialprüfanstalt des Schweizer Elektrotechnischen Vereins an Hochspannungsisolatoren. Weil die Forderung der Rundfunkstörfreiheit für Hochspannungsleitungen in erhöhtem Maße gestellt wird, so kommt es einerseits darauf an, eine Entstörung in Betrieb befindlicher Isolatoren möglichst an Ort und Stelle vorzunehmen, anderseits aber, praktisch störfreie Bauformen zu entwickeln. Die Untersuchung der Störströme erfolgt sowohl mit einem Kathodenstrahloszillograph als auch mit einem Rundfunkstörmeßplatz. Der Verfasser findet, daß sämtliche untersuchten Isolatoren trotz weitgehender Verschiedenheit eine Störeinsatzspannung zwischen 2,5 und 8 kV besitzen. Die Störströme oberhalb der Störeinsatzspannung zeigen eine erhebliche Streuung, ohne ein Abnehmen oder Zunehmen bei bestimmten Bauformen erkennen zu lassen. Solange es sich nicht um eine besonders störfrei gebaute Isolatorform handelt, soll stets etwa mit der gleichen Störintensität gerechnet werden müssen. Diese Beobachtung steht im Gegensatz zu anderweitig durchgeführten Untersuchungen. Eine Nachprüfung ist jedoch kaum möglich, weil nähere Angaben über die Isolatoren insbesondere Abbildungen fehlen. Da für den Bau neuer Isolatoren die Einbettung des Stützenlochs und des Bundes in ein Dielektrikum hoher Dielektrizitätskonstante nicht in Frage kommt, und auch für eine nachträgliche Entstörung nach den jetzigen Erfahrungen schwierig ist, so wurde versucht, durch Auftrag einer leitenden Schicht auf die Porzellanoberfläche am Bund und im Stützenloch die Störfähigkeit herabzusetzen durch Unterbindung der Glimmvorgänge. Hierbei zeigte es sich, daß die örtliche Aufbringung an der Bundrille keinen wesentlichen Gewinn brachte, weil die Glimmstellen nur aus dem Bund heraus an den Metallisierungsrand verlegt wurden, wo die Feldstärke ungünstige Werte annahm. Auch die Metallisierung des Stützenloches bis zur Höhe des Stützlochrandes verhielt sich ähnlich. Eine wesentliche Besserung wurde erst erzielt durch Erweiterung der Metallisierung des Stützenloches bis auf die Mitte des unteren Schirmes und am Bund über den ganzen Isolatorkopf hinweg bis gegen den Rand des oberen Schirmes. Hierdurch wurden die Metallränder in günstigere Gebiete geringerer Feldstärke gelegt, so daß sich die Störeinsatzspannung von 5 auf etwa 30 kV hinaufsetzen ließ. Schwierigkeiten ergaben sich bei zweiteiligen Isolatoren, bei denen die Trennfuge zwischen beide Metallisierungsflächen zu liegen kam. Eine Verbesserung war durch Ausgießen der Fuge mit Isoliermasse zu erreichen; dabei erzielte M. Dick eine Heraufsetzung der Störeinsatzspannung auf 47 kV. Versuche, eine Entstörung durch räumliche Entfernung der beiden Pole anzustreben, schlugen fehl. Wurde jedoch auf den länglichen Porzellankörper eine Bundkappe aufgekittet, so stieg die Störeinsatzspannung wieder an. Entsprechende Zeichnungen hätten diese Ausführungen des Verfassers deutlicher gemacht. Das ungünstige Randfeld der Metallisierung kann noch durch Anordnung einer Vertiefung verbessert werden, in deren aufsteigendem Teil der Metallisierungsrand liegen muß. Der Verfasser kommt zu dem Ergebnis, daß normale Hochspannungsisolatoren durch richtige Metallisierung und geringfügige Formanpassung praktisch vollkommen rundfunkstörfrei hergestellt werden können, während die Möglichkeit nachträglicher Entstörung von Fall zu Fall zu untersuchen ist. *Cd.*

Elektrische Maschinen.

DK 621.317.384 : 621.314.22.017.2 : 621.314.65

Kupferverlustmessung bei Gleichrichter-Transformatoren, insbesondere solchen mit Gabelschaltung. [Nach P. Waldvogel, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 29 (1938) S. 646; 8 S., 3 Abb.]

Bei Gleichrichtertransformatoren ist die betriebsmäßige Strombelastung der Sekundärseite eine andere als diejenige, die sich bei der Kurzschlußmessung einstellt. Man ist also genötigt, die gemessenen Kurzschlußverluste umzurechnen. Dabei wird die Annahme gemacht, daß die Wirbelstromverluste im Gleichrichterbetrieb gleich denen beim Kurzschlußversuch sind und nur die ohmschen Verluste sich mit der Strombelastung ändern. Nun läßt sich zwar die Messung auch bei teilweisem Kurzschluß der Sekundärseite durchführen und auf diese Weise eine Umrechnung ersparen oder doch sehr vereinfachen. Bei Sechsphasen-Gabelschaltungen ergibt dieses Verfahren jedoch unter Umständen zu ungünstige Ergebnisse[1]. In diesen Fällen ist der allpolige Kurzschluß bei der Messung vorzuziehen, jedoch mit der Einschränkung, daß die Kurzschlußverbindungen die für vollkommene Symmetrie vorausberechenbare Stromverteilung in der Wicklung erzwingen. Es wäre also falsch, zwischen den 6 Anodenklemmen des Transformators unnötig viele Kurzschlußverbindungen herzustellen, da dadurch die Stromverteilung von den Scheinwiderständen der einzelnen Wicklungszweige abhängig werden würde. Es genügen bei der Gabelschaltung drei Kurzschlußverbindungen. Die hierfür in Frage kommenden drei Möglichkeiten zeigt Abb. 1. Die ideale Stromverteilung verlangt, daß die Ströme in den äußeren Wicklungszipfeln (Zinken) gleich groß und um je 60° phasenverschoben sind. Damit ergibt sich im inneren Wicklungsstern (Stiel) die $\sqrt{3}$fache Strombelastung. Diese Bedingung wird am besten mit der Schaltung nach Abb. 1a erfüllt, d. h. durch die Verbindung je zweier, im Vektorbild diametral gegenüberliegender Klemmen. Die drei Kurzschlußverbindungen sind voneinander zu isolieren. Diese Kurzschlußart erzwingt die Phasenverschiebung von 60° zwischen den Zinkenströmen. Infolge unvermeidlicher geringer baulicher Unterschiede zwischen den drei Transformatorenschenkeln sind die Ströme in benachbarten Zinken jedoch nicht genau gleich. Dieser Mangel läßt sich aber fast vollständig dadurch beseitigen, daß die drei Kurzschlußverbindungen durch einen ringförmigen Eisenkern gesteckt werden, der den Reststrom abdrosselt. *R. K.*

Abb. 1. Gabelschaltungen mit drei Kurzschlußverbindungen.

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.39 : 533.275.08

Bestimmung geringer Gasfeuchten mit dem Taupunktshygrometer. [Nach A. K. Frank, Gen. Electr. Rev. 41 (1938) S. 435; 3 S., 4 Abb.]

In gewissen Zweigen der Elektrotechnik ist die Kontrolle von Gasen auf Spuren von Wasserdampf wichtig. Genannt sei der unheilvolle Einfluß des Wasserdampfes auf die Lebensdauer von Glühlampen oder die Wirkung des Wassers auf Dielektrika. Zur Bestimmung von Spuren Wasserdampf in Gasen sind deshalb von seiten der Elektrotechnik verschiedene Verfahren, z. B. die Messung der Wärmeleitfähigkeit, ausgearbeitet worden. Neuerdings wird man wieder auf das bewährte Taupunktsverfahren aufmerksam, das in Form eines Laboratoriumsgerätes in der Hand geübter Beobachter an Ansprechempfindlichkeit und Genauigkeit wohl unerreicht ist. Das Wesen des Verfahrens beruht darauf, daß die Taupunktstemperatur eines Wasserdampf enthaltenden Gases von gegebenem Druck eindeutig den Wasserdampfgehalt angibt. Man kühlt demnach einen Spiegel langsam ab, bis er durch den sich niederschlagenden Wasser- oder Eisbeschlag blind wird und mißt in diesem Augenblick die Temperatur der spiegelnden Oberfläche. Um diese Temperatur genau zu ermitteln, ist es notwendig, das Meßorgan in Form der Lötstelle eines Thermoelementes direkt mit dem Spiegel zu verbinden. Die Temperaturanzeige erfolgt durch Einstellen eines Kompensators, da

[1] Vgl. Kübler, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 29 (1938) S. 273. — ETZ 59 (1938) S. 1302.

eine Bestimmung auf 1° C eine Genauigkeit von 0,04 mV voraussetzt.

Will man die geringsten Spuren Wasserdampf bestimmen (bei — 40° C beträgt die Dampfspannung des Eises beispielsweise nur 0,09 Torr oder 0,11 mg/l Luft), so muß man das Taupunktshygrometer sehr langsam abkühlen und verhältnismäßig große Prüfgasmengen durch das Gerät strömen lassen, damit ein merklicher Beschlag entsteht, bevor die Spiegeltemperatur wesentlich unter die Taupunktstemperatur gekühlt worden ist. Dies ermöglicht ein neuer Vorschlag, nach dem das Gerät durch einen Hilfsgasstrom abgekühlt wird, der vorher durch ein Kältebad (feste Kohlensäure oder flüssige Luft) geleitet wird und dessen abkühlende Wirkung durch feines Einregeln der Geschwindigkeit sehr genau eingestellt werden kann.

H. G.

DK 621.317.785

Prüfungen und Beglaubigungen.

Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende Bekanntmachungen.

„Bekanntmachung Nr. 487[1]):

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, sind die folgenden Elektrizitätszählerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen und ist ihnen das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden.

System 198, die Formen DU9, DU9r, DU9mk, DU9x und DU9st, Induktionszähler für Drehstrom mit und ohne Nulleiter, hergestellt von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin.

Berlin-Charlottenburg, den 25. August 1938.

„Bekanntmachung Nr. 490[2]):

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, ist die folgende Elektrizitätszählerform zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen und ihr das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden.

System 199, die Form WN, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Firma Süddeutsche Zähler-Gesellschaft m. b. H. in München.

Berlin-Charlottenburg, den 3. Oktober 1938."

„Bekanntmachung Nr. 493[3]):

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, werden den Systemen 173 und 174 folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht:

I. Zusatz zu System 173, die Formen EMe, EMeR und EMef, Induktionszähler für Drehstrom ohne Nulleiter,

II. Zusatz zu System 174, die Formen EM4e, EM4eR, EM4eL, EM4eRL, EM4ef und EM4eLf, Induktionszähler für Drehstrom mit Nulleiter,

sämtlich hergestellt von der Firma Heliowatt Werke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Berlin-Charlottenburg.

Berlin-Charlottenburg, den 4. November 1938."

„Bekanntmachung Nr. 494[4]):

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, sind die folgenden Elektrizitätszählerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen und ist ihnen das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden.

System 200, die Formen EM6, EM6R, EM6K, EM6f, EM6L, EM6RL, EM6KL, EM6fL und EM6S, Induktionszähler für Drehstrom mit Nulleiter, hergestellt von der Firma Heliowatt Werke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Berlin-Charlottenburg.

Berlin-Charlottenburg, den 5. Dezember 1938.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
Stark."

[1]) Reichsministerialblatt 66 (1938) S. 629. Zentralblatt für das Deutsche Reich. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40. Einzelnummer dort erhältlich.

[2]) Reichsministerialblatt 66 (1938) S. 669. Zentralblatt für das Deutsche Reich. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40. Einzelnummer dort erhältlich.

[3]) Reichsministerialblatt 66 (1938) S. 857. Zentralblatt für das Deutsche Reich. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40. Einzelnummer dort erhältlich.

[4]) Reichsministerialblatt 66 (1938) S. 894. Zentralblatt für das Deutsche Reich. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40. Einzelnummer dort erhältlich.

Elektrische Prüfämter. DK 621.317.2

Der von der Niederschlesischen Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Hirschberg i. Riesengebirge nach den Vorschriften der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt errichteten Prüfstelle ist die Genehmigung erteilt worden[1]), als Elektrisches Prüfamt 58 amtliche Prüfungen und Beglaubigungen von Elektrizitätszählern und elektrischen Meßgeräten auszuführen, und zwar

mit Gleichstrom . . . . bis 100 A 600 V,
mit Wechsel- und Drehstrom . . . bis 1000 A 11000 V.

Der von dem Städtischen Elektrizitätswerk in Ulm (Donau) nach den Vorschriften der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt errichteten Prüfstelle ist die Genehmigung erteilt worden[2]), als Elektrisches Prüfamt 59 amtliche Prüfungen und Beglaubigungen von Elektrizitätszählern und elektrischen Meßgeräten auszuführen, und zwar

mit Gleichstrom . . . . bis 200 A 500 V,
mit Wechsel- und Drehstrom . . . bis 500 A 6000 V.

Die Prüfbefugnis des Elektrischen Prüfamtes 54 in Breslau wird wie folgt erweitert[3]).

Für Wechsel- und Drehstromprüfungen bis 1000 A 20 000 V.

Die Prüfbefugnis des Elektrischen Prüfamtes 5 in Kaiserslautern wird wie folgt erweitert[4]):

Für Wechsel- und Drehstromprüfungen bis 1000 A 20 000 V.

Verkehrstechnik.

DK 621.335.43–831.1.004.13(42)

Betriebserfahrungen mit dem Obus in London.
[Nach J. H. Parker, Electrician 121 (1938) S. 535; 2 S.]

Nach einem von Parker bei einer örtlichen Zusammenkunft der Ingenieurvereinigung der Elektrowirtschaft in London gehaltenen Vortrag über Fragen des Obusbetriebes ist nach Londoner Erfahrungen der Obus zur Zeit das billigste Straßenverkehrsmittel. Man müsse überrascht sein, daß nach vorliegenden Berichten in einigen Gegenden Englands noch immer der Dieselbus dem Obus vorgezogen würde. Der Londoner jedenfalls bevorzuge den Obus schon wegen seiner verkehrlichen Überlegenheit (Anfahrbeschleunigung bis zu 1,4 m/s²). Die Kosten der Antriebsenergie seien bei beiden Fahrzeugarten gleich, wenn der Strom 4,2 Rpf/kWh koste. Die Unterhaltungskosten seien wesentlich niedriger als beim Dieselbus, der Kapitaldienst etwas höher. Gesamtbetriebskosten werden wohl mitunter mit bis zu 85 Rpf/Wkm angegeben, jedoch könne man nach zuverlässiger Quelle mit ²/₃ dieses Kostenaufwandes auskommen. Schwierig für London sei es, die für das ganze Obusnetz erforderlichen etwa 20 000 Fahrleitungsmaste aufzustellen. Betonmaste haben sich als unbrauchbar erwiesen. Beim Neuentwurf der Fahrleitung habe man verschiedene Fragen lösen müssen: Fahrleitungsweichen werden jetzt auch weitgehend elektrisch betätigt. Bezüglich der Fahrleitungsspeisung wird angegeben, daß London alle 1,6 km einen Speisepunkt vorgesehen habe, der in der positiven Zuleitung einen Schnellschalter besitzt. Hierdurch wird eine genügend niedrige Abschalteinstellung und damit genügend umfangreiche Sicherung auch bei starker Streckenbelastung ermöglicht. Die Kraftversorgung des Obusbetriebes sei weiterhin dann am besten, wenn alle 3,2 km ein selbsttätiges Gleichrichterunterwerk vorhanden sei, wobei alle 0,8 km die Fahrleitung durch einen besonderen Bahnspeiser gespeist wird. In der Stromzuleitung liegt der erwähnte Schnellschalter, der mehrmals vor dem endgültigen Abschalten wiedereinzuschalten versucht. Die Unterwerks-Ausrüstung besteht im Regelfall aus zwei unabhängigen Einheiten von einem oder zwei Gleichrichterkolben mit je einem Transformator und Bahnspeiser.

[1]) Reichsministerialblatt 66 (1938) S. 614. Bekanntmachung Nr. 488 der PTR vom 2. 9. 1938.

[2]) Reichsministerialblatt 66 (1938) S. 614. Bekanntmachung Nr. 489 der PTR vom 12. 9. 1938.

[3]) Reichsministerialblatt 66 (1938) S. 774. Bekanntmachung Nr. 491 der PTR vom 19. 10. 1938.

[4]) Reichsministerialblatt 66 (1938) S. 838. Bekanntmachung Nr. 492 der PTR vom 29. 10. 1938.

In der anschließenden Diskussion wird unter anderem erwähnt, daß gelegentlich vorkommende hohe Strompreise bis zu 12,5 Rpf/kWh Anlaß zur Bevorzugung des Dieselbusses gewesen seien. Stärkere Fahrzeug-Antriebsmotoren seien erwünscht, vielleicht gegebenenfalls auch selbsttätige Anfahrt, um Beschleunigungen bis zu 1,8 m/s² erreichen zu können. [Praktisch ist aber diese Beschleunigung bei selbsttätigen Schalteinrichtungen nicht erreichbar, weil kein so gutes Anpassungsvermögen an die fahrtechnischen Gegebenheiten der Strecke vorhanden sind, wie bei unmittelbar betätigten nicht selbsttätigen Schalteinrichtungen. D. Ber.] *A. Hs.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 621.385.832.07

Die Quersteuerung eines Kathodenstrahls in Mehrphasenfeldern. [Nach H. E. Hollmann, Elektr. Nachr.-Techn. 15 (1938) S. 336; 6 S., 9 Abb.]

Wenn die Periodendauer der an den Platten einer Kathodenstrahlröhre liegenden Ablenkspannung in die Größenordnung der Zeitdauer fällt, welche die Elektronen zum Durchlaufen des Kondensatorfeldes benötigen oder diese um ein Mehrfaches übertrifft, unterliegt die Quersteuerung einem Inversionsgesetz, welches periodisch aufeinanderfolgende Empfindlichkeitsmaxima und Minima bzw. Nullstellen fordert[1]). Diese Gesetzmäßigkeit ist dadurch bedingt, daß die Richtung des Querfeldes während des Durchlaufens der Elektronen mehrfach wechselt und daß sich die auf das Elektron wirkenden Ablenkkräfte während aufeinanderfolgender Halbperioden aufheben. Um diese Kompensation, welche ganz allgemein eine Abnahme der Empfindlichkeit mit wachsender Frequenz oder richtiger mit wachsendem Laufzeitwinkel zur Folge hat, zu beseitigen, werden Mehrphasenfelder untersucht, welche sich von einem homogenen Querfeld dadurch unterscheiden, daß die beiden Kondensatorplatten in zwei oder mehrere Teile zerlegt sind, die abwechselnd gegenphasig geschaltet sind.

Zunächst werden die Ablenkgesetze für solche Mehrphasenfelder aufgestellt und es wird der Inversionsfaktor, nämlich das Verhältnis der dynamischen zur statischen Empfindlichkeit für Ein-, Zwei- und Dreiphasenfelder errechnet. Mit Hilfe des „Inversionsspektrographen"[2]), d. h. mit Hilfe einer Kathodenstrahlröhre mit praktisch „weißem" und spektral zerlegtem Elektronenstrahl und auswechselbaren Außenplatten werden die entsprechenden Inversionsspektren versuchsmäßig aufgenommen.

Durch Fortlassen des Mittelteils eines Dreiphasensystems erhält man ein Doppelfeld, wie es bei einer Koordinate des vom Verfasser angegebenen Lissajous-Systems mit kompensiertem Phasenfehler zwischen den Koordinaten vorkommt[1]). Die theoretische und experimentelle Untersuchung dieses Systems ergibt, daß zwar die erwünschte Phasenkompensation auftritt, daß dafür jedoch in beiden Koordinaten verschiedene Inversionsgesetze in Kauf genommen werden müssen, welche bei der Analyse ultrahochfrequenter Lissajous-Figuren zu berücksichtigen sind. *VB.*

Physik.

DK 621.385.1.08 : 537.533.9

Einige dynamische Messungen der Elektronenbewegung in Mehrgitterröhren. [Nach M. J. O. Strutt u. A. van der Ziel, Elektr. Nachr.-Techn. 15 (1938) S. 277; 6 S., 15 Abb.]

In Mehrgitterröhren (Pentoden, Hexoden usw.) ist die Bewegung der Elektronen im Betriebszustand äußerst verwickelt. Ihre Kenntnis ist aber unbedingt erforderlich, um die Röhren in technischer Hinsicht weiter zu verbessern. Zur Messung der Bewegung der Elektronen sind in letzter Zeit Verfahren angewandt worden, die aus dem Gebiet der Ultrakurzwellen-Meßtechnik genommen sind. Es werden nämlich die Leitwerte (Admittanzen) zwischen Kathode—Steuergitter und Steuergitter—Anode (Steilheit) gemessen.

Den Leitwert zwischen Kathode und Steuergitter mißt man in der Weise, daß ein abgestimmter Schwingungskreis lose an einen Sender gekoppelt wird. Dann ist der Strom konstant im ganzen Schwingungskreis und unabhängig von der Stellung des Kondensators, daher gibt die Spannung bei den verschiedenen Drehkondensatorstellungen eine maßstäbliche Beziehung für den Betrag der Kreisleitwerte. Eine solche Messung bei mehreren Stellungen gibt die Resonanzkurve, und es läßt sich nun der absolute Leitwert der Röhrenstrecke finden, indem man einmal die Röhre hinzuschaltet und wieder abschaltet. Zur Messung der Steilheit wurde ein Kompensationsverfahren angewandt, indem die komplexen Steilheiten durch komplexe Leitwerte ersetzt wurden.

Den Vorgang der Elektronenbewegung betrachtet man am zweckmäßigsten an einer Pentode, wenn auch die Schilderung derselben in einer Vierpolröhre einfacher wäre. In einer Pentode hat die Sekundäremission auf die Elektronenbewegung keinen Einfluß. Betrachtet man ein Elektron, das vom Schirmgitter zum Bremsgitter fliegt, so besteht für dieses die Wahrscheinlichkeit α, daß es hindurchfliegt, und die Wahrscheinlichkeit $1-\alpha$, daß es umkehrt und wieder auf dem Schirmgitter landet, das positiv vorgespannt ist. Durcheilt das Elektron auch das Schirmgitter, so kann es in den Bereich des Steuergitters und auch der Kathode gelangen. Im Steuergitter-Schirmgitter-Raum induzieren die Elektronen Ladungen und rufen so eine Änderung des Leitwertes zwischen Kathode und Steuergitter hervor. Es kann aber auch vorkommen, daß ein Elektron im Kathodenraum in der Raumladung untertaucht, und daß es dann von den anderen nicht mehr zu unterscheiden ist. Sollte ein Elektron dies alles überstehen, so wird es wieder seinen Weg durch die einzelnen Gitter antreten, und die Wahrscheinlichkeit dafür, daß ein Elektron, welches einmal vor dem Bremsgitter umgekehrt ist, nochmals vor dem Bremsgitter erscheint, sei β $(\beta < 1)$. Zur quantitativen Betrachtung müssen nun Beziehungen zwischen α und β und die Eingangsleitwerte der Röhren gegeben sein. Mit Hilfe verhältnismäßig einfacher Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen errechnet Strutt den Leitwert zwischen Kathode—Steuergitter,

$$G_1 = \frac{2}{3} S_k \beta (1-\alpha) \,\mathrm{j}\, \omega t_1 \left\{ 1 - \mathrm{j}\,\omega (t_1 + t_2) \right\} \times \frac{1 - \beta(1-\alpha) - \mathrm{j}\,\omega \beta (1-\alpha)(t_1+t_2)}{[1-\beta(1-\alpha)]^2}$$

(S_k Steilheit; t_1, t_2 Elektronenlaufzeiten, ω Kreisfrequenz), der in den reellen Teil $1/R$ und imaginären Teil $\mathrm{j}\,\omega\, C$ aufgespalten werden kann.

Obwohl die Raumladung vernachlässigt ist und für die Steilheit S_k ein etwas zu großer Wert genommen wurde, konnten mit den Formeln Ergebnisse erzielt werden, die mit den experimentellen im Einklang standen. Die Messungen, deren Ergebnisse in 6 Kurven dargestellt sind, zeigen bei verschiedenen Röhren (Pentode, Hexode, Oktode) den Verlauf der Eingangskapazität als Funktion der Spannungen zwischen Kathode und einem bestimmten Gitter. Kleine Unregelmäßigkeiten, die in den Kurven auftreten, rühren von der Raumladung her, die in der Rechnung vernachlässigt worden ist. Wesentlich ist aber das Ergebnis, daß die Kapazitätsänderungen bis zu 4 m herunter unabhängig von der Frequenz sind, während für die Widerstandsänderungen starke Frequenzabhängigkeiten auftreten.

In den weiteren Betrachtungen wurde zunächst β unter der Annahme $\alpha = 0$ aus den beiden Beziehungen für den Leitwert (C und $1/R$) bestimmt und ein übereinstimmender Wert ($\beta = 0{,}48$ bzw. $0{,}47$) gefunden. Weiterhin mußte untersucht werden, wie der Wert α von β abhängig ist oder umgekehrt. Dabei zeigte es sich, daß β im allgemeinen in einem größeren Wellenbereich unabhängig von α sei, daß aber Ausnahmen bestehen, wo α einen beträchtlichen Einfluß auf β hat. Zum Abschluß werden in der Arbeit noch an mehreren Kurven der Einfluß der Rückkehrelektronen auf Betrag, Phasenwinkel und Steilheit untersucht und die Messungen mit den theoretischen Werten verglichen. *Hsr.*

DK 537.533 : 621.385.5

Elektronenlaufzeiteffekte in Mehrgitterröhren. Messungen an kurzen Wellen. [Nach M. J. O. Strutt, Wireless Engr. 15 (1938) S. 315; 7 S., 9 Abb.]

Die Frequenzumformung wird in den meisten Fällen mit Oktoden durchgeführt. Der Aufbau einer solchen Röhre ist aus Abb. 2 zu entnehmen, und die Elektronenkopplung wird

Abb. 2. Querschnitt durch das Gittersystem einer Oktode (Schnitt ⊥ zur Achse des Systems der Röhre).

Gitter *1*: Oszillatorgitter, 1,5 V bis — 20 V gegenüber der Kathode
Gitter *2*: unbedeutend
Gitter *3*: gegenüber der Kathode ~ 70 V positiv vorgespannt
Gitter *4*: maximal — 4 V negativ gegenüber der Kathode vorgespannt
Gitter *5*: ist mit Gitter *3* verbunden
Gitter *6*: ist mit der Kathode verbunden.

[1]) H. E. Hollmann, Z. Hochfrequenztechn. 40 (1932) S. 97; H. E. Hollmann: Physik und Technik der ultrakurzen Wellen Bd. II, S. 239, Berlin, Julius Springer 1936.

[2]) H. E. Hollmann, Z. techn. Phys. 19 (1938) S. 259.

durch eine einseitige negative Kapazität zwischen Gitter *1* und Gitter *4* (Oszillator- und Eingangsgitter) hervorgerufen. Der Wert dieser negativen Kapazität beträgt zwischen — 2 bis — 0,6 pF, wenn am Oszillatorgitter eine Wechselspannung von 90 V bei einer Wellenlänge von 200 m liegt. Unter diesen Zuständen kann die Röhre jedoch nur arbeiten, wenn die Phasenverschiebung, welche durch die Elektronenlaufzeit hervorgerufen wird, zu vernachlässigen ist. Trifft dies nicht mehr zu, so muß parallel zu dieser negativen Kapazität ein einseitiger negativer Widerstand geschaltet werden. Die zwischen Gitter *1* und *4* auftretenden Widerstände und ihre Kompensation sind aus dem Diagramm in Abb. 3 zu entnehmen. In einer solchen mit diesen Hilfsmitteln veränderten Schaltung untersuchte Strutt die Laufzeit der Elektronen (Abb. 4). Die Messungen wurden bei einer Wellenlänge von 31 m ausgeführt, und die Meßergebnisse stimmten mit den roh geschätzten und theoretisch ermittelten Werten sehr gut überein.

Abb. 3. Vektordiagramm der zwischen Gitter *1* und *4* wirksamen Widerstände. (Im Diagramm sind die Widerstände als Leitwerte aufgetragen.)

Anschließend hieran untersuchte Strutt die Steilheit des Oszillatorkreises, also zwischen dem ersten und zweiten Gitter. Hierbei wurde entdeckt, daß die Steilheit bei einer Wellenlänge von 9 m eine Phasenverschiebung zeigt, welche 60° beträgt. Ihre Ursache ist auf einen Einfluß zurückzuführen, der durch die Laufzeit der Elektronen hervorgerufen wird. Auch aus diesen Untersuchungen konnten zahlenmäßige Werte der Laufzeit ermittelt werden, die mit den theoretisch erwarteten in guten Einklang zu bringen waren. *Hsr.*

Abb. 4. Schaltung zur Frequenzumwandlung mit R_n und C_b als Kompensationswiderständen und zur Messung der Laufzeiteffekte (Schema).

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

DK 625.62 + 629.11

Wagenschau anläßlich der Reichstagung der Nahverkehrsbetriebe in Düsseldorf, 17. bis 19. 11. 1938.

Während der in Düsseldorf von den Reichsverkehrsgruppen Schienenbahnen und Kraftfahrgewerbe veranstalteten Reichstagung der Fachgruppe Straßenbahnen und Kraftomnibusverkehr (kommunale und gemischtwirtschaftliche Betriebe) wurden in Verbindung damit die neuesten Verkehrsmittel gezeigt, und zwar unter ausschließlicher Beteiligung der diesen Verkehrsgruppen angeschlossenen Mitgliedsverwaltungen.

a. Straßenbahnen.

Von der Fachgruppe Straßenbahnen waren an der Schau beteiligt insgesamt 17 Straßenbahntriebwagen und 6 Beiwagen, davon 10 Triebwagen mit Normalspurweite 1435 mm; ferner 7 Triebwagen mit 1000 mm Spur.

Zweiachsige, dreiachsige und vierachsige Fahrzeuge mit den neuzeitlichsten elektrischen Ausrüstungen und Steuerungssystemen waren ausgestellt. Entsprechend den jetzt gesteigerten Anforderungen in bezug auf hohe Fahr- und Reisegeschwindigkeiten waren sämtliche Fahrzeuge mit Hochleistungsmotoren ausgerüstet, mit denen Höchstgeschwindigkeiten von 60 km/h und mehr und vor allem hohe Anfahrbeschleunigungen erreicht werden können. Diesen hohen Reisegeschwindigkeiten entsprechend angepaßt waren die verschieden zur Ausführung gekommenen Bremssysteme, die als hand- oder öldruckbetätigte Klotz- oder Zangenbremsen in Verbindung mit den elektrischen Kurzschluß- und Schienenbremsen bzw. beim Anhänger als Solenoidbremsen ausgebildet waren. Die gezeigten neuen Fahrschalterbauarten entsprachen gleichfalls den geforderten hohen Betriebsanforderungen, die an sanftes und doch stark beschleunigtes Anfahren und an stoßfreies Bremsen gestellt werden. Fast ausschließlich sind viel- und feinstufige Nockenfahrschalter zum Teil in Verbindung mit Schützenschaltwerken verwendet worden. Diese Einrichtungen ermöglichen es, daß mit neuzeitlichen Straßenbahnwagen Anfahrbeschleunigungen bis 1,7 m/s² und, unter Verwendung entsprechender Schienenbremsen, Bremsverzögerungen von 3,5 bis 4 m/s² erreicht werden können.

Neuzeitliche Signal-, Beleuchtungs- und Lüftungsanlagen machen dem Fahrpersonal die Bedienung leichter und bequemer. Durch bequeme Sitzplätze, helle Beleuchtung und zugfreie Belüftung wird dem Fahrgast der Aufenthalt im Wagen so angenehm wie möglich gemacht.

Zur Verminderung der Geräuschbildung und weichen Abfederung ist weitgehend von der Anwendung dämpfender Zwischenlagen von Gummi bei den Rädern, der Federung und der Motoraufhängung Gebrauch gemacht worden. Um das Gesamtgewicht zu senken und damit den Stromverbrauch herabzumindern, wurden ebenfalls in erfreulicher Weise, wo irgend angängig, Leichtmetalle verwendet.

b. Obusse.

Die auf der Wagenschau der Fachgruppe Kraftomnibusverkehr neben den reinen Kraftomnibussen gezeigten 5 Obusse ließen die konstruktive Entwicklung der neuesten elektrischen Obusantriebe und ihrer Steuerungen erkennen.

Neben den drei im Jahre 1937 gebauten Obussen, die mit Hauptstrom-Einfach- oder -Doppelmotor und z. T. mit fuß- und drehmagnetbetätigten Nockenfahrschaltern ausgerüstet waren, zeigten die neuesten Ausrüstungen, den stromsparenden Einfach-Doppelkommutatormotor mit den hochentwickelten viel- und feinstufigen fußbetätigten Schaltwerken¹), die dem Fahrer die Steuerung wie beim Kraftfahrzeug ermöglichen. Diese neuesten, erst gegen Ende 1938 fertiggestellten 2 Obusse sind bereits sowohl in der elektrischen Ausrüstung als auch in der mechanischen Ausführung des Fahrgestells, den für die Normung der deutschen Obusse aufgestellten Richtlinien angeglichen.

Um die Obusse den Interessenten in Betrieb vorzuführen und seine hervorragenden Fahreigenschaften, ferner die Einfachheit seiner Bedienung studieren zu können, ist eigens zu diesem Zweck eine 1,5 km lange Obus-Fahrleitungsstrecke in gemeinsamer Zusammenarbeit der drei Elektrizitätsfirmen im Benehmen mit der Rheinischen Bahn-Gesellschaft in Düsseldorf provisorisch gebaut worden. Es wurde hierbei bewußt die Altstadt mit engen Straßen und teilweise starkem Durchgangsverkehr für den Ausbau der Oberleitungsanlage gewählt, um die Anpassungsmöglichkeit des Obus an den übrigen Straßenverkehr und damit auch seine flüssige Verkehrsbedienung zu zeigen. Auf einem kurzen Stück dieser Fahrleitungsstrecke wurde die Rangier- und Wendemöglichkeit eines Obusses mit Einstangenstromabnehmer gezeigt, wie er, im Gegensatz zu den bisher in Deutschland erstellten Anlagen mit Zweistangenstromabnehmern, neuerdings erstmalig in einer Anlage in Mitteldeutschland in Betrieb kam²).

Zusammenfassend muß festgestellt werden, daß die deutschen Verkehrsbetriebe nichts unversucht gelassen haben, die Verkehrsmittel, schon im Hinblick auf den Wettbewerb untereinander, im Interesse der allseits gesteigerten Verkehrsanforderungen auf einen hohen Stand neuzeitlichster Ausführung in Verbindung mit größtmöglichster Betriebssicherheit zu bringen.

Die Wagenschau darf als ein voller Erfolg der veranstaltenden Verkehrsverbände angesehen werden, bei welcher sowohl die Fachleute als auch die übrigen Bewohner einen umfassenden Überblick über den heutigen Stand und die Entwicklung der hochwertigen neuesten deutschen Verkehrsmittel gewinnen konnten. *Ech.*

¹) ETZ 60 (1939) H. 10, S. 311 u. H. 13, S. 391.
²) ETZ 60 (1939) H. 8, S. 227 u. H. 14, S. 418.

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH.

Aus den Jahresberichten deutscher Elektrizitätswerke[1].

DK 621.311.1.003

Nr. 45. Hamburgische Electricitäts-Werke AG., Hamburg. Die Stromabgabe stieg um 14% auf rd. 600 Mill kWh (i. V. rd. 526 Mill kWh). Eine wesentliche Steigerung ist insbesondere bei den Großverbrauchern und den gewerblichen Sondertarifen zu verzeichnen. Nach der Vereinigung des großhamburgischen Wirtschaftsgebietes mit der Hansestadt Hamburg wurden nach Verständigung mit den benachbarten Stromversorgungsunternehmungen für das gesamte Versorgungsgebiet der Hansestadt Hamburg die Lieferungsbedingungen und Tarife der HEW durchgeführt. Von der Schleswig-Holsteinischen Stromversorgungs-AG. wurde der nach Hamburg eingemeindete Teil des Kreises Stormarn mit Wirkung vom 1. Juni 1938 übernommen. Weiter wurden die Gebietsteile Groß-Hamburg, welche bisher von der befreundeten Nordwestdeutsche Kraftwerke AG. versorgt wurden, auf die HEW übertragen. Das EW Bergedorf wurde von der eingemeindeten Stadt Bergedorf übernommen. Die Verhandlungen mit der Hansestadt Hamburg bezüglich Übernahme der EW Unterelbe AG. und der Stromversorgungsanlagen in Hamburg und Lokstedt waren beim Jahresabschluß noch nicht zum Abschluß gekommen. Mit der Reichsbahn wurde ein Vertrag geschlossen, wonach deren Stromversorgung den HEW übertragen wird für ihr Versorgungsgebiet. Nachdem bereits vor vier Jahren das Kraftwerk der Hamburger Hochbahn AG. erworben wurde, erfolgt nunmehr die Stromversorgung des gesamten Verkehrswesens durch die HEW. Die Zahl der Gefolgschaftsmitglieder betrug am Jahresschluß 2887 Köpfe. — Die Konten weisen im Aufbau und in der Darstellung gegenüber dem Vorjahre wesentliche Änderungen auf, die durch das neue Aktiengesetz bedingt sind. Ein Vergleich mit dem Vorjahr ist daher nicht ohne weiteres möglich. Um dem gesteigerten Strombedarf Rechnung zu tragen, waren Zugänge im Anlagevermögen von rd. 15½ Mill RM notwendig. Zur Deckung wurde die zum 1. 11. 1938 fällige Rückzahlung der Dollaranleihe von 1925 im Nennwert von 503 500 $ durch Abkommen bis zum Jahre 1943 verlängert und weitere 3½ bzw. 5 Mill RM von Banken bzw. der Stadt Hamburg mittelfristig zur Verfügung gestellt. Die außerordentlichen Gewinne, die durch Tilgung der Dollaranleihe erzielt wurden, werden zu Abschreibungen benutzt. Von den unter Beachtung der Bestimmungen des Aktiengesetzes notwendig gewordenen Änderungen des Gesellschaftsvertrages sei folgende hervorgehoben. „Die Gesellschaft kann — frühestens am 1. 7. 1960 — ihr ganzes Vermögen auf die Hansestadt Hamburg übertragen, und zwar gegen Zahlung des 20fachen Betrages der Durchschnittsdividende der letzten 10 Geschäftsjahre vor der Übertragung unter Ausscheidung des besten und des schlechtesten Geschäftsjahres."

Nr. 46. Mitteldeutsches Kraftwerk Magdeburg AG., Magdeburg. Insgesamt wurden nutzbar abgegeben 328,7 (237,9) Mill kWh und 452 290 (254 964) t Dampf. Die Steigerung betrug beim Strom 38% und beim Dampf 77%. Für die Erweiterung und Erneuerung der Anlagen wurden rd. 1 760 000 RM aufgewendet, dagegen im Zuge des Erweiterungsbaues alte Anlageteile im Buchwert von rd. 115 000 RM entfernt. Der Aktienbesitz von nom. 500 000 RM Mittellandkanal—Hafen Magdeburg, der unter Beteiligungen mit 250000 RM eingestellt war, ist veräußert worden. Unter dem Umlaufvermögen haben sich in erster Linie die Bankguthaben durch die Eigenfinanzierung des Erweiterungsbaues verringert. Bei den Verbindlichkeiten konnte die Dollaranleihe durch weiteren Rückkauf von 78850 $ Bonds auf 170 300 $ ermäßigt werden. Die Gesamtzahl der Gefolgschaftsmitglieder erhöhte sich im Berichtsjahre von 266 auf 299.

Nr. 47. Großkraftwerk Mannheim AG., Mannheim. Die nutzbare Stromabgabe betrug 294 (233) Mill kWh und erfuhr eine Steigerung von 26%. Im Berichtsjahre wurde zum ersten Male in nennenswertem Umfang Dampf an industrielle Betriebe abgegeben. Die starke Steigerung der Stromerzeugung hatte zur Folge, wieder auf die normale 48stündige Arbeitszeit überzugehen und gleichzeitig eine Vermehrung der Belegschaft vorzunehmen. Von den Währungsanleihen wurde der Rest der Sfrs.-Anleihe vollständig abgelöst und auf die 7% Amerika-Anleihe die planmäßige Tilgung mit 70000 $ vorgenommen. Durch weiteren Umtausch von Bonds dieser Anleihe gegen 5% Reichsmark-Schuldverschreibungen sowie Ankauf von Bonds zwecks Tilgung konnte der Stand der Anleiheschuld auf 249 500 $ nom. 1 047 900 RM gemindert werden, welche zum Briefkurse des Bilanzstichtages (2,495 RM = 1 $) mit nur 622 503 RM in die Bilanz eingesetzt sind.

Nr. 48. Kraftwerk Thüringen AG., Gispersleben. Die nutzbare Stromabgabe betrug 46,8 Mill kWh und ist um 20,2% höher gegenüber dem Vorjahre. An der Mehrung der Stromabgabe haben alle Abnehmergruppen teilgenommen. Die Anzahl der unmittelbar mit Strom versorgten Orte ist von 360 auf 363 gestiegen.

Nr. 49. OEW. Oberschwäbische Elektrizitätswerke, Biberach a. d. Riß. Die nutzbare Stromabgabe betrug 248,3 (216,8) Mill kWh und erfuhr eine Steigerung von 14,5%. Der dauernd steigende Bedarf von elektrischer Energie und die Sicherstellung der Versorgung hat in den verschiedensten Teilen des Versorgungsgebietes Erweiterungs- und Umbauten notwendig gemacht. Die Zahl der Gefolgschaftsmitglieder beziffert sich auf 882 (884). — Die Beteiligungen haben eine geringfügige Änderung erfahren. Beim Umlaufsvermögen haben sich die eigenen Effekten um etwa 900 000 RM und das Bankguthaben um rd. 370 000 RM erhöht, die Schulden aus Anleihen und Schuldverschreibungen sind um 1 424 000 RM zurückgegangen.

Nr. 50. Städt. Betriebe Abt. Elektrizitätswerk Augsburg. Die Stromerzeugung und der Strombezug betrug 47,8 (40,5) Mill kWh, Steigerung 16,1%, und die nutzbare Stromabgabe stellte sich auf 44,9 (37,8) Mill kWh, steigerte sich also um 18,9%. Besonders bei den Großabnehmern und beim Gewerbe machte sich die Steigerung bemerkbar. Die gesamte Gefolgschaft des Betriebsamtes zählte 558 (554) Personen, wovon auf die Elektrizitätsversorgung 259 (254) Personen entfielen.

Nr. 51. Württembergische Elektrizitäts-AG., Stuttgart. Das von der AG. betriebene Städt. Elektrizitätswerk Salzburg hat die Stromerzeugung auf rd. 57,9 Mill kWh bei einer Steigerung um 4,4% erhöht. Außerdem ist die AG. bei der Salzburger AG. für Elektrizitätswirtschaft (Stromerzeugung 41,1 Mill kWh, Steigerung 6,9%), Überlandwerk Mainfranken AG. Würzburg (Stromabsatz über 120 Mill kWh, Steigerung rd. 13,5%) und der Traunkraftwerke AG., Traunstein, die ihre Stromabgabe um 5% steigern konnte, beteiligt.

Nr. 52. Main-Kraftwerke AG., Frankfurt a. M.-Höchst. Der nutzbare Stromabsatz belief sich auf 169,8 (150,9) Mill kWh, Steigerung 12,4%. Die benötigte elektrische Arbeit wurde nur zum Teil in eigenen Kraftwerken erzeugt. Im Berichtsjahr wurde das EW Bad Schwalbach und das Gaswerk Hadamar erworben und das Ortsnetz weiter ausgedehnt, so daß bei Jahresschluß 374 Gemeinden mit 304 206 Einwohnern mit elektrischer Energie versorgt wurden. Die Zahl der Gefolgschaftsmitglieder hat sich auf 621 (613) erhöht.

Nr. 53. Amperwerke Elektricitäts-AG., München. Der Netzbedarf betrug 137,9 (112,6) Mill kWh, Steigerung 22,4%, hiervon lieferten die eigenen Wasserkräfte 64,5 (64,8) Mill kWh, während auf Fremdstrombezug 73,5 (47,9) Mill kWh entfielen. Versorgt wurden mit elektrischer Arbeit 4180 (4127) Ortschaften unmittelbar und weitere 54 Ortschaften mittelbar. Die Gefolgschaft zählt 759 (752) Personen.

Nr. 54. Deutsche Continental-Gas-Gesellschaft, Dessau. Der Stromabsatz betrug in den eigenen Betrieben einschließlich Beteiligungen rd. 883 Mill kWh, was eine Erhöhung gegen das Vorjahr von 10,6% bedeutet. Die Zahl der eigenen Energiebetriebe erhöhte sich durch den Erwerb von drei Unternehmungen und die Umwandlung einer Beteiligung in einem Eigenbetriebe. Die Dessauer Gasgesellschaft verfügt

[1] Letzter Bericht: ETZ 59 (1938) S. 1335.

Vermögensaufstellung und Ertragsrechnung.

Die Zahlen des letzten Geschäftsjahres sind in stärkeren, stehenden Ziffern, die der früheren Jahre in schwächeren, schrägen Ziffern gedruckt. Die Werte sind in 1000 RM angegeben.

Lfd. Nr.	Namen Wohnsitz	Letzte Veröffentlichung in der ETZ	Letztes Betriebsjahr	Aktiva			Vermögensaufstellung Summe	Passiva					Ausgaben					Ertragsrechnung Summe	Erträgnisse		Verteilte Dividende %
				Anlagevermögen	Beteiligungen	Umlaufsvermögen		Aktien- oder Grundkapital	Reserven u. Rücklagen	Wertberichtigungen	Verbindlichkeiten	Reingewinn	Betriebs- und Geschäftsunkosten	Abschreibungen u. Rücklagen	Zinsen	Steuern und soziale Abgaben	Reingewinn		aus Betrieb	sonstige	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
45	HEW Hamburgische Electricitäts-Werke AG., Hamburg	1938 S.128, Nr.40	1.7.37—30.6.38	**237 816** *244 298*	**81** *61*	**18 124** *19 121*	**256 021** *263 480*	**89 000** *89 000*	**19 730** *18 659*	**90 925** *106 000*	**49 070** *42 500*	**7 296** *7 321*	**15 541** *25 977*	**10 542** *10 656*	**1 437** *1 301*	**8 341** *5 659*	**7 296** *7 321*	**43 157** *50 914*	**42 400** *48 702*	**757** *2 212*	**8** *8*
46	Mitteldeutsches Kraftwerk Magdeburg AG., Magdeburg	1938 S.730, Nr.61	1.4.37—31.3.38	**26 952** *25 330*	**0** *250*	**2 282** *4 150*	**29 234** *29 730*	**10 000** *10 000*	**174** *347*	**10 183** *9 118*	**8 672** *10 007*	**205** *258*	**961** *1 386*	**1 270** *1 041*	**377** *259*	**591** *529*	**205** *258*	**3 404** *3 473*	**2 922** *3 070*	**482** *403*	**2** *2*
47	Großkraftwerk Mannheim AG., Mannheim	1938 S.730, Nr.59	1.4.37—31.3.38	**24 699** *24 748*	**50** *50*	**3 436** *2 431*	**28 185** *27 229*	**6 150** *6 150*	**384** *1 251*	**16 827** *14 683*	**4 603** *4 873*	**221** *273*	**940** *1 204*	**1 380** *1 354*	**208** *211*	**395** *404*	**221** *272*	**3 144** *3 445*	**3 008** *3 291*	**136** *154*	**4** *4*
48	Kraftwerk Thüringen AG., Gispersleben	1938 S.128, Nr.41	1.4.37—30.3.38	**16 570** *15 772*	**182** *166*	**5 073** *4 771*	**21 825** *20 709*	**6 960** *6 960*	**2 364** *2 021*	**10 834** *10 269*	**895** *647*	**772** *812*	**867** *1 153*	**1 301** *1 394*	**0** *0*	**765** *492*	**772** *812*	**3 705** *3 851*	**3 395** *3 549*	**310** *302*	**9** *9*
49	OEW. Oberschwäbische Elektrizitätswerke, Biberach a. d. Riß	1938 S.128, Nr.28	1.1.—31.12.37	**79 037** *77 618*	**8 333** *8 392*	**10 353** *8 686*	**97 723** *94 696*	— —	**18 641** *18 236*	**45 148** *41 236*	**33 877** *35 889*	**49** *35*	**5 992** *4 859*	**5 499** *5 001*	**1 657** *1 806*	**521** *546*	**49** *35*	**13 718** *12 247*	**13 166** *11 689*	**552** *558*	— —
50	Städt. Betriebe Abt. Elektrizitätswerk, Augsburg	—	1.4.37—31.3.38	**11 340** *10 800*	— —	**2 999** *2 608*	**14 339** *13 408*	**244** *244*	**1 320** *613*	**4 670** *3 775*	**7 472** *7 715*	**633** *1 061*	**3 092** *2 218*	**777** *677*	**249** *338*	**1 274** *850*	**633** *1 061*	**6 025** *5 144*	**5 780** *5 023*	**245** *121*	— —
51	Württembergische Elektrizitäts-AG., Stuttgart	—	1.6.37—30.6.38	**3 410**	**1 645**	**892**	**5 947**	**4 000**	**588**	**15**	**1 146**	**228**	**85**	**115**	**9**	**60**	**228**	**497**	**282**	**215**	**5**
52	Main-Kraftwerke AG., Frankfurt a. M.-Höchst	1938 S.128, Nr.27	1.1.—31.12.37	**45 389** *44 455*	**2 244** *2 116*	**3 248** *3 175*	**50 881** *49 746*	**22 400** *22 400*	**2 371** *2 530*	**13 610** *12 066*	**11 576** *11 839*	**924** *911*	**1 840** *2 917*	**1 271** *1 157*	**544** *582*	**1 604** *1 346*	**924** *911*	**6 183** *6 913*	**5 848** *6 586*	**335** *327*	**4** *4*
53	Amperwerke Elektricitäts-AG., München	1938 S.730, Nr.49	1.7.37—30.6.38	**51 881** *50 109*	**0** *0*	**2 444** *2 518*	**54 325** *52 627*	**28 000** *28 000*	**3 000** *4 305*	**16 103** *13 218*	**5 493** *5 222*	**1 729** *1 882*	**2 115** *4 047*	**1 604** *1 274*	**209** *217*	**2 328** *1 999*	**1 729** *1 882*	**7 985** *9 419*	**7 874** *8 802*	**111** *617*	**6** *6*
54	Deutsche Continental-Gas-Gesellschaft, Dessau	—	1.4.37—31.3.38	**82 362**	**84 172**	**32 597**	**199 131**	**75 000**	**29 590**	**45 322**	**44 806**	**4 413**	**8 343**	**3 361**	**1 303**	**5 612**	**4 413**	**23 032**	**14 902**	**9 870**	**5**
55	Grube Leopold AG., Bitterfeld	1938 S.128, Nr.38	1.1.—31.12.37	**13 664** *13 613*	**2 666** *2 721*	**3 470** *2 391*	**19 800** *18 725*	**7 050** *7 050*	**1 884** *705*	**264** *1 143*	**10 025** *9 323*	**577** *504*	**4 726** *4 027*	**1 733** *1 470*	**509** *410*	**1 067** *994*	**577** *504*	**8 612** *7 405*	**8 414** *7 154*	**198** *251*	**6** *5*
56	Bayerische Elektricitäts-Werke, München	1937 S.1377 Nr.21	1.1.—31.12.37	**8 045** *7 751*	**0** *0*	**3 409** *3 170*	**11 454** *10 921*	**4 000** *4 000*	**634** *706*	**6 286** *5 797*	**177** *99*	**357** *319*	**513** *657*	**526** *504*	**0** *0*	**515** *481*	**357** *819*	**1 911** *1 961*	**1 695** *1 786*	**216** *285*	**8** *8*
57	Rhein-Main-Donau AG., München	1938 S.730, Nr.55	1.1.—31.12.37	**178 670** *171 214*	**3** *3*	**25 345** *8 317*	**204 018** *179 534*	**30 200** *30 200*	**61** *1 265*	**17 984** *15 260*	**155 773** *132 809*	**0** *0*	**3 042** *2 652*	**2 245** *2 392*	**1 733** *1 714*	**442** *298*	**0** *0*	**7 462** *7 056*	**4 824** *4 620*	**2 638** *2 436*	**0** *0*
58	Berliner Kraft u. Licht (Bewag) AG., Berlin	1938 S.730, Nr.47	1.7.37—30.6.38	**771 055** *675 452*	— —	**99 992** *94 629*	**871 047** *770 081*	**240 000** *240 000*	**70 001** *59 740*	**315 131** *275 799*	**220 555** *167 950*	**25 360** *26 592*	**85 478** *80 648*	**29 030** *27 432*	**4 871** *3 955*	**36 624** *32 340*	**25 360** *26 592*	**181 363** *170 967*	**169 493** *162 867*	**11 870** *8 100*	**10** *10*
59	Braunkohlen-Industrie AG. Zukunft, Weisweiler	1938 S.128, Nr.37	1.4.37—31.3.38	**16 700** *16 447*	**6 616** *6 616*	**10 613** *9 705*	**33 929** *32 768*	**16 000** *16 000*	**2 314** *5 480*	**4 643** *383*	**9 975** *9 837*	**997** *1 068*	**5 339** *5 756*	**2 610** *2 701*	**64** *69*	**1 734** *1 805*	**997** *1 068*	**10 744** *11 399*	**10 461** *11 078*	**283** *321*	**6** *6*
60	RWE Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG., Essen	1938 S.730, Nr.44	1.7.37—30.6.38	**931 186** *907 469*	**130 941** *123 799*	**107 079** *91 743*	**1169 206** *1123 011*	**246 000** *246 000*	**148 673** *140 168*	**450 272** *484 731*	**309 217** *287 144*	**15 044** *14 968*	**28 166** *44 542*	**39 343** *30 079*	**12 186** *12 534*	**36 159** *31 914*	**15 044** *14 968*	**130 898** *134 337*	**99 519** *110 045*	**31 379** *24 292*	**6** *6*
61	NWK Nordwestdeutsche Kraftwerke AG., Hamburg	1938 S.730, Nr.46	1.10.37—30.9.38	**44 720** *44 962*	**0** *0*	**11 149** *9 705*	**55 869** *54 667*	**12 000** *12 000*	**5 795** *5 277*	**27 500** *25 800*	**9 744** *10 662*	**830** *928*	**2 678** *4 611*	**4 437** *3 173*	**216** *192*	**2 674** *2 081*	**830** *928*	**10 835** *10 985*	**10 582** *10 796*	**253** *189*	**6** *6*
62	DREWAG Dresdner Gas-, Wasser- u. Elektrizitätswerke AG., Dresden	1938 S.128, Nr.39	1.1.—31.12.37	**180 081** *178 643*	**5 725** *5 725*	**26 512** *23 012*	**212 318** *207 380*	**70 000** *70 000*	**21 276** *15 600*	**100 846** *96 247*	**15 863** *18 881*	**4 333** *6 652*	**30 016** *26 772*	**10 838** *9 553*	**102** *163*	**0** *550*	**4 333** *6 652*	**45 289** *43 690*	**44 461** *42 758*	**828** *932*	**6** *6*
63	Städt. Elektricitätswerk Mannheim, Mannheim	1938 S.730, Nr.57	1.4.37—31.3.38	*)									**4 497** *4 302*	**1 326** *1 334*	**229** *250*	**1 691** *1 129*	**1 573** *1 511*	**9 316** *8 526*	**8 974** *8 205*	**342** *321*	— —
64	Überlandwerk Jagstkreis AG., Ellwangen (Jagst)	—	1.7.37—30.6.38	**23 912**	**82**	**1 280**	**25 274**	**4 000**	**597**	**10 798**	**9 429**	**450**	**688**	**776**	**463**	**449**	**450**	**2 826**	**2 626**	**200**	**5½**
65	NLK Niederrheinische Licht- u. Kraftwerke AG., Rheydt	1938 S.730, Nr.43	1.1.—31.12.37	**20 404** *21 189*	**1 210** *1 205*	**1 790** *2 311*	**23 404** *24 705*	**6 000** *6 000*	**761** *1 859*	**11 617** *11 324*	**4 623** *5 117*	**403** *405*	**958** *1 813*	**679** *4 567*	**167** *223*	**543** *451*	**403** *405*	**2 750** *7 459*	**2 429** *3 268*	**321** *4 191*	**6½** *6*

*) Bilanzen und Vermögensaufstellungen werden nicht herausgegeben, sondern nur Betriebs- und Ertragsberichte der einzelnen Stadtbetriebe.

über neun eigene reine Elektrizitätswerke und ist beteiligt an zehn weiteren reinen Elektrizitätswerken sowie an drei gemischten Versorgungsunternehmungen für Gas- und Elektrizitätsversorgung. Die Bilanz ist eine gemeinsame für den Gesamtbetrieb. In den Elektrizitätsbetrieben sind eine Reihe von baulichen Verbesserungen und Erweiterungen zur Erfüllung der erhöhten Anforderungen des Bedarfs vorgenommen worden. Die Zahl der Gefolgschaftsmitglieder in den eigenen Betrieben und den überwiegend in Hand der AG. befindlichen Beteiligungen stieg um 857 auf 16874 Personen.

Nr. 55. **Grube Leopold AG., Bitterfeld.** Die Grube Leopold betätigt in ihren Betrieben die Kohlenförderung, die Brikettherstellung, die Stromerzeugung, die Mauersteinerzeugung und die Erzeugung von deren Nebenprodukten. An Strom wurden erzeugt 60,4 (57,0) Mill kWh, was einer Steigerung von 6% entspricht. Die Bilanz ist eine gemeinsame für den Gesamtbetrieb. Die Gefolgschaft setzt sich aus 1607 Mitgliedern zusammen.

Nr. 56. **Bayerische Elektricitäts-Werke, München.** Die nutzbare Stromabgabe ist um 14,1% (i. V. 12,6%) gestiegen. Mit zwei schon versorgten Städten wurden neue langfristige Konzessionsverträge abgeschlossen, desgleichen mit der Stadt Neu-Ulm, was den Umbau des Wasserkraftwerkes an der Iller und den Neubau des Leitungsnetzes ermöglichte. Das Wasserkraftwerk an der Mindel wurde übernommen.

Nr. 57. **Rhein-Main-Donau AG., München.** Im Verfolg der Angliederung der Ostmark an das Reich wurde am 26.3.1938 in dem zu Wien verkündeten Hermann-Göring-Programm festgelegt, daß die Rhein-Main-Donau-Wasserstraße in der kürzesten technisch denkbaren Frist auszuführen sei. Die AG. erhielt vom Reich den Auftrag zur Durchführung der Bauten und auch zur Ausführung des geplanten Donaukraftwerks Ybbs-Persenbeug. Die erforderlichen Mittel werden vom Reich und dem Lande Bayern zur Verfügung gestellt. Da die Bayernwerk AG., der der Strom aus den 13 Mainstufen zwischen Aschaffenburg und Würzburg, wovon bereits 6 im Betrieb, vertraglich überlassen ist, dringenden Strombedarf aufweist, ist unverzüglich mit dem Ausbau der restlichen 7 Kraftwerke begonnen worden. Während die Wirkstromerzeugung in den Kraftwerken Kachlet, Viereth und Untere Mainmühle sich um rd. 11,5 Mill kWh erhöhte, ist in den 6 fertigen Mainkraftwerken wegen der infolge hohen Wasserstandes geringeren Leistungsdarbietung um rd. 22 Mill kWh zurückgegangen. Die Gesamtwirkstromerzeugung stellte sich auf 384,3 (394,9) Mill kWh. Die Bilanz ist eine gemeinsame für alle Betriebe der AG. Infolge der neuen Verträge haben sich die Konten gegen das Vorjahr verändert. Beim Umlaufvermögen haben auch die Kraftanlagen eine starke Steigerung erfahren, und unter Umlaufvermögen haben Effekten und Bankguthaben große Steigerungen aufzuweisen; dagegen sind auf der Passivseite die Anleihen entsprechend gestiegen. Von seiten des Reiches und Bayerns sind der AG. von dem unverzinslichen Darlehen ein Betrag von 1236110 RM nachgelassen worden, der es ermöglichte, daß die notwendigen Abschreibungen und Rückstellungen vorgenommen und das Geschäftsjahr 1937 ohne Verlust abgeschlossen werden konnte. Die Gefolgschaft umfaßt 290 Angestellte und 295 eigene Arbeiter.

Nr. 58. **Berliner Kraft und Licht (Bewag) AG., Berlin.** Die nutzbare Stromabgabe erreichte rd. 1651,0 (1513,5) Mill kWh und zeigte eine Steigerung von 9,1%. Am 1. 7. 1938 hat die Bewag das Berliner Versorgungsgebiet der Märkischen Elektricitätswerke AG. (MEW) übernommen, deren Konzessionsrechte nach ihrem mit der Reichshauptstadt im Jahre 1928 geschlossenen Vertrage am 30. 6. 1938 erloschen sind. Durch die weitere Übernahme des Konzessionsgebietes der Elektricitätswerk Südwest AG. (ESA) wurde das Vereinheitlichungswerk vollendet. Durch Verkauf des im Jahre 1936 erworbenen Aktienbesitzes der ESA im Betrage von nom. 34 421 000 RM von seiten der Stadt Berlin an die Bewag waren in deren Hand mehr als 90% des ESA-Aktienkapitals vereint, und es konnte daher am 1. 4. 1938 der Beschluß über die Umwandlung der ESA durch Übertragung des Vermögens auf die Bewag gefaßt und so die Verschmelzung beider Gesellschaften herbeigeführt werden. Die Umwandlung erfolgte auf der Grundlage einer Umwandlungsbilanz der ESA vom 31. 12. 1937. Infolge dieser Maßnahmen wird mit Beginn des Geschäftsjahres 1938/39 das Gesamtgebiet der Reichshauptstadt bis auf die kleinen Ortsteile Wannsee und Buch mit nur rd. 15000 Einwohnern durch die Bewag mit Strom versorgt. Infolge dieser Umwandlungen zeigen die einzelnen Positionen der Bilanz höhere Ziffern, so daß ein Vergleich mit dem Vorjahr nicht ohne weiteres gegeben ist. Nach der im Bericht gegebenen Aufstellung weist die Bilanz — ohne die Ziffern der ESA — eine weitere Entlastung auf von rd. 16 100 000 RM, und zwar Ermäßigung der Anleihen um 1 442 900 RM und Erhöhung der Guthaben und Effekten um 14 694 400 RM. Die Gefolgschaft zählt einschließlich der 678 Gefolgsleute der ESA am Jahresschluß 7784 Mitglieder.

Nr. 59. **Braunkohlen-Industrie AG. Zukunft, Weisweiler.** Der Jahresbericht für die Kohlenförderung, Briketterzeugung und Stromanlagen ist gemeinsam. Der Stromabsatz an Dritte stieg um 12% auf 400,449 (357,331) Mill kWh. Für ein zweites Wasserkraftwerk wurde das erforderliche Grundstück erworben und die Neubauten zur schleunigen Förderung in Angriff genommen. Die Belegschaft zählt 1749 Mitglieder.

Nr. 60. **RWE Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG., Essen.** Die nutzbare Stromabgabe betrug 5474,9 (4717,0) Mill kWh und die Steigerung 12,0%. Während die nutzbare Stromabgabe für Kraftzwecke auf 5312,8 (4564,5) Mill kWh um 16,4% stieg, weist der Lichtstrom nur eine Steigerung bei 162,1 (152,6) Mill kWh um 6,3% auf. Die Stromabgabe des Konzerns der RWE betrug mehr als 7200,0 Mill kWh gegenüber 6200 Mill kWh im Vorjahre. — Das Anlagevermögen hat durch den drängenden Mehrbedarf an Strom eine Erhöhung von rd. 23,7 Mill RM durch Erweiterung der Leitungen, die Neubauten und Übernahme von Werken erfahren; ebenso erhöhten sich die Beteiligungen um rd. 7,1 Mill RM, Bankguthaben und Effekten haben eine Erhöhung um rd. 11,4 Mill RM erfahren. Die Verbindlichkeiten erhöhten sich um rd. 28,7 Mill RM. Die Dollaranleihen sind zum amtlichen Berliner Briefkurs mit 2,487 RM je $ eingesetzt und der Währungsgewinn ist den Rückstellungen zugeführt worden. Die Zahl der Gefolgschaftsmitglieder erhöhte sich auf 8132 (7875) Köpfe.

Nr. 61. **NWK Nordwestdeutsche Kraftwerke AG., Hamburg.** Erzeugt und bezogen wurden 449,289 (366,721) Mill kWh, was einer Steigerung um 22,6% entspricht. Der in den nächsten Jahren zu erwartende weitere Anstieg des Leistungsbedarfs macht es notwendig, außerordentliche Mittel für den Ausbau der Erzeugungsanlagen und des Verteilernetzes aufzuwenden. Die bereits im Vorjahre begonnenen Erweiterungsbauten werden mit tunlichster Beschleunigung gefördert. Mit der Hamburgische Electricitäts-Werke AG. schweben Verhandlungen über eine Bereinigung der elektrizitätswirtschaftlichen Verhältnisse, die im Kreise Stormarn bereits zu einem Gebietsaustausch geführt haben. Die Zahl der Gefolgschaftsmitglieder beträgt 1202.

Nr. 62. **DREWAG. Dresdner Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerke AG., Dresden.** Stromversorgung und Strombezug haben sich um 7,8% erhöht; es wird vom Stromabsatz, der im Vorjahr mit 153,4 Mill kWh angeführt war, eine Steigerung um 8,3% erwähnt. Die zur Erweiterung des Betriebs notwendigen Bauvorhaben konnten zum größten Teil planmäßig zu Ende geführt werden. Die Teilanlagen im Westwerk wurden zu Beginn 1938 in Betrieb genommen, während im Bahnwerk Ost erst im Laufe des Jahres die Neuanlagen dem Betriebe übergeben werden können. Die Bilanz der Abteilungen der Drewag ist eine gemeinsame, jedoch werden die Zahlen des Anlagevermögens erläutert dahin, daß von dem 180,008 Mill RM betragenden Anlagevermögen auf Elektrizitätsanlagen 82,327 Mill RM und auf „gemeinsame Anlagen" 5,383 Mill RM entfallen. Die Zahl der Gesamtbelegschaft stieg von 2976 auf 3017 Arbeitskameraden.

Nr. 63. **Städt. Elektricitätswerk Mannheim, Mannheim.** Die nutzbare Stromabgabe betrug 96,949 (83,078) Mill kWh und erfuhr eine Steigerung um 16,7%. Der erzielte Gewinn des Elektrizitätswerkes wird mit der Hauptkasse der Städtischen Werke verrechnet. Das Gesamtpersonal der Belegschaft der Städtischen Werke bezifferte sich auf 850 (819) Arbeitskameraden.

Nr. 64. **Überlandwerk Jagstkreis AG., Ellwangen (Jagst).** Erzeugt und bezogen wurden 52,217 (43,749) Mill kWh, abgegeben 44,914 (37,140) Mill kWh. Die versorgten Städte und Wiederverkäufer haben insbesondere durch die Industrie eine Zunahme von rd. 30% erreicht. Die AG. zählte 210 Gefolgschaftsmitglieder.

Nr. 65. **NLK Niederrheinische Licht- u. Kraftwerke AG., Rheydt.** Die nutzbare Stromabgabe betrug 53,178 (45,317) Mill kWh und erzielte eine Steigerung um 17,3%, an welcher besonders Großkonsumenten und Wiederverkäufer beteiligt sind. Die Gefolgschaft zählt 338 Mitglieder. *Trb.*

DK 625.62 : 621.335.42.003.1

Wirtschaftliche Erfolge der amerikanischen PCC-Wagen. [Nach Transit J. 82 (1938) S. 448; 3 S., 1 Abb.]

Die neuen amerikanischen Straßenbahnwagen, die nach Vorschlägen eines Ausschusses der Straßenbahnverwaltungen gebaut sind[1]), haben sich nach den jetzt vorliegenden Berichten von sieben großen Bahngesellschaften ausgezeichnet bewährt. Die Brooklyn & Queens Transit hat 83 dieser neuen Wagen im Jahre 1936 in Dienst gestellt. Auf einer Linie von etwa 34 km Länge eines Umlaufes wurden mit 33 neuen Wagen die Nettoeinnahmen um 33% gesteigert. Trotz 14% höherer Reisegeschwindigkeit erreichte man auf dieser Strecke eine Abnahme der Unglücksfälle um 24% gegenüber früheren Jahren bei Gebrauch älterer Wagen. Etwas geringere Vergrößerung des Nettoeinkommens und der Reisegeschwindigkeit nennen die Chikagoer mit 83 und die Pittsburger Straßenbahnen mit 201 PCC-Wagen. Ähnliche Verbesserungen brachten die PCC-Wagen bei der Baltimore Transit Gesellschaft, den Straßenbahnen von Los Angeles, San Diego und Washington. Es wurde auch eine Zunahme der Benutzung der Straßenbahnen in diesen Städten festgestellt, die auf die Vergrößerung der Reisegeschwindigkeiten von durchschnittlich 12 bis 15% und die ansprechende Innenausstattung der Wagen zurückgeführt werden muß. *Dtt.*

1) Vgl. ETZ 59 (1938) S. 887.

STATISTISCHE MITTEILUNGEN.

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Australien — Elektroeinfuhr 1937/38.

Die australische Elektroeinfuhr betrug im Fiskaljahr 1937/38 50,5 Mill RM. Sie hat den Wert des Vorjahres um rd. 2 Mill RM oder 4% überschritten. Von den einzelnen Warengruppen (Zahlentafel 1) waren an der Einfuhrsteigerung

Zahlentafel 1. Australischer Bund. Elektroeinfuhr nach Warengruppen.

Warengruppe	1935/36[1]) 1000RM	1936/37[1]) 1000RM	1937/38[1]) 1000RM	Anteil a. d. Gesamt-Elektroeinfuhr 1935/36 %	1936/37 %	1937/38 %
elektrische Maschinen[2])	7 380	8 219	9 065	17,5	16,9	17,9
Akkumulatoren und Elemente	300	352	408	0,7	0,7	0,8
Kabel und isolierte Drähte	11 119	13 203	14 246	26,3	27,1	28,3
Meß- und Zählvorrichtung.	1 496	1 583	1 279	3,5	3,3	2,5
Anlaß-, Kontroll-, Schalt- u. Sicherheitsvorrichtungen, Installationsmater.	4 132	5 837	5 800	9,7	12,1	11,5
Telegraphie u. Telephonie und Teile	5 693	6 770	8 827	13,4	13,9	17,5
Rundfunkempfangsgeräte und Teile	622	922	1 131	1,5	1,9	2,2
Rundfunkröhren	3 398	3 326	1 575	8,0	6,9	3,1
Glühlampen	2 541	2 732	2 281	6,0	5,6	4,5
Koch- und Heizapparate, Bohnermaschinen u. and. Haushaltgeräte	901	896	946	2,2	1,8	1,9
Röntgenapparate u. Zubehör	335	337	394	0,8	0,7	0,8
Kohle f. d. Elektrotechnik	723	840	968	1,7	1,7	1,9
sonstige Vorrichtungen, Apparate und Zubehör	3 684	3 640	3 566	8,7	7,4	7,1
insgesamt	**42 324**	**48 657**	**50 486**	**100**	**100**	**100**

1) Fiskaljahr 1. Juli bis 30. Juni.
2) Generatoren, Motoren, Umformer, Transformatoren, Drosselspulen, Ventilatoren usw.

am stärksten beteiligt Maschinen, Kabel und Draht und Telegraphie und Telephonie mit und ohne Draht, die sämtlich größere Einfuhrzunahmen aufzuweisen haben. Weniger günstig entwickelte sich die Einfuhr von Rundfunkröhren, Glühlampen, Meß- und Zählvorrichtungen, die gegenüber dem Vorjahr zurückgegangen ist.

An der Belieferung Australiens (Zahlentafel 2) ist naturgemäß Großbritannien, und zwar in den letzten Jahren in steigendem Maße beteiligt. Insgesamt wurden aus Großbritannien 1935/36 66,5%, 1937/38 73,8% der australischen Einfuhr bezogen. Dagegen ist der Anteil Amerikas in dem

Zahlentafel 2. Australischer Bund. Elektroeinfuhr nach Herkunftsländern.

Herkunftsländer[1])	1935/36 1000RM	1936/37 1000RM	1937/38 1000RM	Anteil a. d. Gesamt-Elektroeinfuhr 1935/36 %	1936/37 %	1937/38 %
Großbritannien	28 131	34 807	37 252	66,5	71,5	73,8
V. S. Amerika	7 004	6 301	5 344	16,6	13,0	10,6
Deutschland	1 939	2 114	2 548	4,6	4,4	5,0
Canada	634	1 281	1 791	1,5	2,6	3,6
Niederlande	1 912	1 933	1 213	4,5	4,0	2,4
Schweiz	847	626	590	2,0	1,3	1,2
Schweden	469	356	442	1,1	0,7	0,9
Japan	507	406	369	1,2	0,8	0,7
Belgien	173	251	323	0,4	0,5	0,6
sonstige Länder	708	582	614	1,6	1,2	1,2
insgesamt	**42 324**	**48 657**	**50 486**	**100**	**100**	**100**

1) Geordnet nach der Größe der Einfuhr 1937/38.

gleichen Zeitraum sowohl wertmäßig als auch prozentual (von 16,6 auf 10,6%) zurückgegangen. Deutschland hat seinen Anteil gehalten, doch liefert es nur 5% der Gesamteinfuhr.

Neuseeland — Elektroeinfuhr 1937.

Die Elektroeinfuhr Neuseelands betrug 1937 35,2 Mill RM, das sind 11 Mill RM oder 44% mehr als 1936. Wichtigste Warengruppen (Zahlentafel 1) waren Maschinen, Akkumulatoren und

Zahlentafel 1. Neuseeland. Elektroeinfuhr nach Warengruppen.

Warengruppen	1935 1000RM	1936 1000RM	1937 1000RM	Anteil a. d. Gesamt-Elektroeinfuhr 1935 %	1936 %	1937 %
Elektromotoren	1 227	1 747	2 487	7,2	7,1	7,1
Akkumulatoren, Elemente und Batterien	1 442	1 665	2 479	8,4	6,8	7,0
Kabel und isolierte Drähte	2 016	3 070	4 936	11,8	12,5	14,0
Elektrizitätszähler und Meßvorrichtungen	496	751	854	2,9	3,1	2,5
Telegraphie und Telephonie mit Draht	734	1 038	2 096	4,3	4,2	5,9
ohne Draht	2 468	3 460	4 961	14,5	14,1	14,1
Rundfunkröhren	679	935	1 078	4,0	3,8	3,0
Glühlampen	1 549	1 845	2 244	9,0	7,5	6,4
andere elektr. Lampen	296	454	588	1,7	1,9	1,7
Elektroherde	522	617	1 051	3,1	2,5	3,0
Staubsauger	705	812	1 340	4,1	3,3	3,8
Kohle f. d. Elektrotechnik	275	256	259	1,6	1,1	0,7
sonstige Vorrichtungen u. Apparate für die Elektrotechnik	4 688	7 872	10 819	27,4	32,1	30,8
insgesamt	**17 097**	**24 522**	**35 192**	**100**	**100**	**100**

Elemente, Kabel und Draht, Telegraphie und Telephonie mit und ohne Draht, Glühlampen, die sämtlich an der Einfuhrsteigerung beteiligt gewesen sind. Auch in den übrigen Gruppen ist die Einfuhr wesentlich gestiegen, z. T. in noch größerem Ausmaß als die Gesamteinfuhr. Wichtigstes Lieferland (Zahlentafel 2) war auch hier Großbritannien mit 60% Anteil an der

Zahlentafel 2. Neuseeland. Elektroeinfuhr nach Herkunftsländern.

Herkunftsländer[1])	1935 1000RM	1936 1000RM	1937 1000RM	Anteil a. d. Gesamt-Elektroeinfuhr 1935 %	1936 %	1937 %
Großbritannien	9 750	14 799	21 284	57,0	60,4	60,5
V. S. Amerika	3 358	4 312	6 329	19,7	17,6	18,0
Australien	1 590	2 381	3 106	9,3	9,7	8,8
Canada	1 052	1 482	2 202	6,2	6,0	6,2
Schweden	656	718	1 086	3,8	2,9	3,0
Deutschland	164	217	452	0,9	0,9	1,3
Niederlande	264	222	171	1,5	0,9	0,5
Japan	118	165	163	0,7	0,7	0,5
sonstige Länder	145	226	399	0,9	0,9	1,2
insgesamt	**17 097**	**24 522**	**35 192**	**100**	**100**	**100**

1) Geordnet nach der Größe der Einfuhr 1937.

Gesamteinfuhr. An zweiter Stelle stehen die V. S. Amerika mit 18%, gefolgt von Australien und Canada mit zusammen 15%. Deutschland war an der Belieferung Neuseelands nur in geringem Maße beteiligt (mit 1,3%).

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G.m.b.H.: Berlin 223 84.

41. Mitgliederversammlung des VDE in Wien vom 31. Mai bis 3. Juni 1939.

Das Thema des Vortrages von SA-Gruppenführer Giesler, Linz, am Mittwoch, dem 31. Mai, lautet:

„Die Verpflichtung unserer Zeit."

Diesem Heft liegt die Einladung nebst Anmeldeformular zu unserer diesjährigen Mitgliederversammlung in Wien bei.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Deutscher Ausschuß der CIGRE.

10. Tagung der Internationalen Hochspannungskonferenz (CIGRE) in Paris.

Vom 29. Juni bis 8. Juli 1939 findet in Paris die 10. Tagung der Internationalen Hochspannungskonferenz (CIGRE) statt. Die CIGRE behandelt bekanntlich auf den jedes zweite Jahr in Paris stattfindenden Tagungen Fragen, die den Bau und Betrieb von Kraft-, Schalt- und Umspannwerken, den Bau, die Isolierung und Wartung von Hochspannungsnetzen und den Betrieb, Schutz und Zusammenschluß von Netzen betreffen. Als Verhandlungssprachen gelten die in der Technik gebräuchlichen Hauptsprachen. An den zur Behandlung auf der diesjährigen Tagung vorgesehenen Fachberichten ist der Deutsche Ausschuß der CIGRE maßgebend beteiligt.

Deutsche Konferenzteilnehmer werden gebeten, ihre Anmeldung an die Geschäftsstelle des DA der CIGRE, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, einzureichen. Anmeldungen, die nach dem 1. Mai 1939 hier eingehen, können nicht mehr berücksichtigt werden.

Deutscher Ausschuß der CIGRE.
Der Schriftführer:
Blendermann

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Funktechnik und Verstärkertechnik".

Leiter: Professor Dr. phil. H. Fassbender VDE.

Vortrag

des Herrn Dr.-Ing. W. Pfister, Berlin, am Dienstag, dem 18. April 1939, 20⁰⁰, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Der heutige Stand der Forschung über die Fortpflanzung elektromagnetischer Wellen längs der Erdoberfläche ohne Berücksichtigung der Ionosphäre".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Bezirksversammlung

am Dienstag, dem 25. April 1939, 20⁰⁰, im Großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22.

Vortrag

des Herrn Marineoberbaurat Ch. Breitenstein, Berlin, über das Thema:

„Elektrische Anlagen auf Kriegsschiffen".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Theoretische Elektrotechnik".

Leiter: Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Oberingenieur Dr. phil. F. Strecker, Berlin, am Donnerstag, dem 27. April 1939, 20⁰⁰, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Die Anwendung der Matrizenrechnung in der Elektrotechnik".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Röhrentechnik" (Leiter: Dr. phil. H. Kerschbaum VDE) in Gemeinschaft mit der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft E. V., Bezirksgruppe Berlin.

Vortrag

des Herrn Dr.-Ing. A. Dresler, Berlin, am Donnerstag, dem 27. April 1939, 20⁰⁰, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Zur Technologie der Lichtquellen, Beispiele aus der Fertigung von Glühlampen und Gasentladungslampen".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18⁰⁰ im VDE-Haus, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Hochspannungstechnik. Leiter: Dr.-Ing. G. Hameister VDE.
17. 4. 1939 Vortragsreihe „Die Netze und der Bau ihrer wichtigsten Anlagenteile": „Eine Verteilungsanlage für Mittelspannung", Vortragender: Dipl.-Ing. H. Krauß VDE.

Installationstechnik. Leiter: Dipl.-Ing. R. Schamberger VDE.
18. 4. 1939 Besichtigung der Beratungsstelle „Gutes Licht". Vortragender: Obering. Schnell. Treffpunkt: 18⁰⁰, Berlin NW 7, Luisenstr. 31 a. Vorherige Anmeldung möglichst unter 41 00 14, App. 704.

Allgemeine Elektrotechnik — Hochspannungstechnik. Gemeinschaftliche Veranstaltung der beiden Arbeitsgemeinschaften.
18. 4. 1939 Vortragsreihe „Fernwirkanlagen in der Starkstromtechnik": „Betriebserfahrungen mit Frequenz- und Fahrplanregelung", Vortragender: Oberingenieur Dipl.-Ing. W. Fleischer VDE.

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. Boekels VDE.
19. 4. 1939 „Elektrische Meßmethoden in der Bodenforschung", Vortragender Ing. B. Marsch.

Elektrizitätswerke. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. B. J. v. d. Knesebeck VDE.
21. 4. 1939 Vortragsreihe „Aufgaben aus der Verbundwirtschaft": „Gesättigte Drosseln zur Spannungshaltung in Großkraftübertragungen".

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Magdeburg-Anhalt. 18. 4. (Di), 20¹⁵, Staatl. Ingenieurschule: „Interessante Anwendung des Lichtes in der Wissenschaft". Dr. M. Wolff VDE.

VDE Bezirk Mittelhessen, Frankfurt a. M. 19. 4. (Mi), 20⁰⁰, Kunstgewerbeschule: „Fernwirkanlagen". Dr.-Ing. V. Aigner VDE.

VDE Bezirk Nordmark, Kiel. 14. 4. (Fr), 20¹⁵, Phys. Inst.: „Neuzeitliche Fernsprechtechnik, ihre Bedeutung für wirtschaftliche Führung von Verwaltung und Industrie". Obering. Gust.

VDE Bezirk Hansa, Hamburg. 19. 4. (Mi), 20⁰⁰, Techn. Staatslehranstalt: „Hörbarer und unhörbarer Schall in der Technik" (m. Lichtb.). Prof. Dr. E. Lübcke.

VDE Bezirk Oberschlesien, Hindenburg. 18. 4. (Di), 17⁰⁰, Donnersmarckhütte: „Hartgasschalter als Leistungs- und Leistungstrennschalter". Dipl.-Ing. Schultheiss VDE.

VDE Bezirk Südbayern, München. 19. 4. (Mi), 20⁰⁰, T. H.: „Neuzeitliche Schmalfilmgeräte und ihre Anwendung in der Technik" (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. M. Weinberger VDE.

Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft, Berlin. 18. 4. (Di), 19⁰⁰, Ingenieurhaus: „Verbundenheit von Architekt und Ingenieur und die Bauten der Reichsbahn" (m. Lichtb.). Oberreichsbahnrat Lüttich.

PERSÖNLICHES.

E. C. Zehme †. — Am 2. April verschied in Berlin im 76. Lebensjahr nach kurzer Krankheit Herr Obering. E. C. Zehme VDE, Alt-Hauptschriftleiter der ETZ und Ehrenmitglied des VDE. Wir werden seiner demnächst noch ausführlich gedenken.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 92

Georg Simon Ohm. Ein Forscher wächst aus seiner Väter Art. Von Ritter von Füchtbauer. Mit 28 Abb. u. 254 S. im Format A 5. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1939. Preis geb. 7,50 RM.

Im bisherigen Schrifttum über Ohm stellte Ludwig Hartmanns Sammlung von Urkunden und Zeugnissen „Aus Georg Simon Ohms handschriftlichem Nachlaß" (München 1927) eines der wichtigsten biographischen Werke dar. Es war in der dargebotenen Gestalt von höchstem Werte für den Wissenschaftshistoriker, aber eine Biographie Ohms im eigentlichen Sinne war es nicht. Es fehlte demnach bisher eine abgerundete Darstellung der Lebensumstände des bedeutendsten mathematischen Physikers, der während der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts in Deutschland tätig war, und wir müssen es Heinrich von Füchtbauer, dem Großneffen Ohms, danken, daß er diese Lücke im deutschen Schrifttum geschlossen hat.

Füchtbauer hat es bewußt vermieden, eine „wissenschaftliche"Biographie Ohms zu schreiben, sondern hat sich vielmehr bemüht, uns Ohms Wesen und Wirken in einer für jeden Leser verständlichen Form nahe zu bringen. Er war dazu berufen wie kaum ein anderer; denn ihm stand außer dem ganzen Schatz schriftlicher und mündlicher Familienüberlieferung auch noch mancher Zug des eigenen Wesens als Quelle des Verständnisses Ohmscher Eigenart und Eigenwilligkeit zur Verfügung. Dadurch hat die Darstellung, die über eine Einzelbiographie hinaus zur Geistesgeschichte einer Familie wird, ganz ungemein an Farbigkeit gewonnen, und wir sehen Georg Simon Ohm bildhaft und lebendig vor uns, mag er ehrgeizige Träume spinnen, geistreich spotten, ärgerlich raunzen oder verzagend seiner innersten Bedrängnis Luft machen.

Klar und treffend ist auch alles, was in dem Buche über Art und Bedeutung von Ohms wissenschaftlichen Leistungen gesagt wird, und ganz selten nur wird man auf einen Punkt treffen, wo man anderer Meinung als der Verfasser sein könnte. Als ein unleugbarer Vorzug der Füchtbauerschen Darstellung erscheint es uns auch, daß sie unter Fortlassung aller Kleinigkeiten und Einzelheiten von geringerer Bedeutung sich in dieser Hinsicht auf Angaben beschränkt, die für einen weiteren Leserkreis allein von Bedeutung sind. Vom Standpunkt der Wissenschaftsgeschichte aus bleibt noch mancher Punkt im Schaffen Ohms durch eindringende Untersuchung zu klären, manche schöne Einzelheit aus der Fülle des Stoffs herauszuheben. Was aber das Füchtbauersche Buch anbetrifft, in welchem nicht Wissenschaftsgeschichte, sondern Lebensgeschichte eines großen Deutschen auf familiengeschichtlicher Grundlage geschrieben werden sollte und geschrieben ward, so finden wir daran nichts auszusetzen und können nur wünschen, daß es just so, wie es aus vollem Herzen geschrieben ward, auch vielen deutschen Lesern und insbesondere vielen jungen deutschen Menschen zu Herzen geht und ans Herz wächst. H. Schimank.

DK 92

Georg Simon Ohm als Lehrer und Forscher in Köln 1817 bis 1826. Festschrift zur 150. Wiederkehr seines Geburtstages. Herausgeg. vom Kölnischen Geschichtsverein in Verbindung mit der Universität und dem Staatlichen Dreikönigs-Gymnasium in Köln. Mit 6 Abb., 8 Bildtafeln u. 328 S. im Format B 5. Kommissionsverlag J. P. Bachem, Köln. Preis geb. 6 RM, geh. 4,50 RM.

In einer ausführlichen Einleitung wird der Leser in die Zeit und Umgebung versetzt, in der G. S. Ohm in Köln sein grundlegendes Gesetz schuf. Man lebt sich beim Lesen dieser Einführung so ein, daß man im Geiste die alte schöne Stadt vor sich entstehen sieht und so Ohms Leben auch aus der Umgebung heraus verstehen lernt, die ihm mit die Grundlagen für sein erfolgreiches Schaffen gab. Das Bild erfährt eine Abrundung durch den Abschnitt über die Geschichte des Kölnischen Gymnasiums, an dem Ohm zusammen mit drei Bamberger Amtsgenossen unter den Kölner Lehrern wirkte. Die Schule besaß ein hervorragend ausgestattetes physikalisches Kabinett, das trotz des für das Kölner Schulwesen nicht sehr günstigen Wirkens französischer Lehrer in der Besetzungszeit 1794 bis 1814 bemerkenswert blieb und noch einen weiteren Ausbau erfuhr, so daß die Stadt Köln bei ihrem Versuch, die Wiedereröffnung der von den Franzosen 1798 geschlossenen Universität zu erreichen, auf das Bestehen des physikalischen Kabinetts als Grundlage für den Ausbau eines physikalischen Instituts hinwies.

Die Schilderung der Umstände, unter denen G. S. Ohm schließlich nach Köln berufen wurde, gibt zugleich ein gutes Bild des Lebens an dem Alten Kölnischen Gymnasium. Mit großem Interesse wird man die Abschnitte „Ohm als Mathematiklehrer in Köln", „Berühmte Schüler Ohms", „Der beliebte Lehrer", „Der Physiklehrer Ohm", „Ohm der Mann der Disziplin" lesen. Bemerkenswert sind die in dem handschriftlichen Nachlaß G. S. Ohms enthaltenen, nur im Entwurf niedergelegten Gedanken über Wissen und Handeln, Gelehrsamkeit und geistige Regsamkeit; ebenso seine Briefe an seinen Vater, aus denen auch der außerordentliche Einfluß seines Vaters auf seine und seines Bruders Tätigkeit hervorgeht, der durch seine enge Verbindung mit der Universität Erlangen seinen Söhnen manches mitteilen konnte, was er eher als sie erfahren hatte.

Den Elektrotechniker wird der Abschnitt über die Entdeckung des Ohmschen Gesetzes ganz besonders fesseln, ebenso der daran anschließende Abschnitt „Georg Simon Ohms Kampf um die Anerkennung der Gesetze der Stromstärke und des Spannungsgefälles 1827 bis 1837". Die Bedeutung des Ohmschen Gesetzes für die Technik wird in einem besonderen Beitrag behandelt, der zeigt, wie eigentlich die gesamte neuzeitliche Elektrotechnik aller Richtungen ohne das Ohmsche Gesetz gar nicht denkbar ist. Ohms Weg zum Ohmschen Gesetz und seinen übrigen Arbeiten kann man nur verstehen, wenn man Ohm in der mathematisch-naturwissenschaftlichen Gedankenwelt seiner Zeit betrachtet. Dieser wichtigen Frage ist ein besonderer Abschnitt des Buches gewidmet.

Wenn heute die Universität Köln einen Neubau des Physikalischen Instituts vornimmt und ihm den Namen Georg-Simon-Ohm-Institut gegeben hat, so übernimmt sie damit eine hohe Verpflichtung. Ein besonderer Abschnitt des Buches ist der Planung des Instituts gewidmet und zeigt, daß die Aufgabe, die man sich für das neue Institut stellt, würdig denen an die Seite gestellt werden darf, die G. S. Ohm in dem alten physikalischen Kabinett gelöst hat.

Eine Geschichtstafel und eine reiche Zusammenstellung von Anmerkungen vervollständigen die Festschrift, die mit außerordentlicher Liebe und Hingabe zusammengetragen worden ist. Dem Buch ist eine weite Verbreitung zu wünschen, da reicher Geschichtsstoff in lebendiger Anschaulichkeit von Verfassern zusammengestellt worden ist, die in irgendeiner Beziehung zur Person oder Arbeit Ohms stehen, oder die dem Wirken des großen Kölner Bürgers in verständnisvollem Forschen nachgegangen sind. Harald Müller VDE.

EINGÄNGE.

Bücher.

Berechnung und Gestaltung der Federn. Von Dipl.-Ing. S. Groß. (Konstruktionsbücher, Bd. 3. Herausg von Prof. Dr.-Ing. E.-A. Cornelius). Mit 79 Abb. III u. 87 S. im Format 155×235 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 4,80 RM.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. habil. Harald Müller VDE, Berlin-Grunewald, Delbrückstr. 23.
Prof. Dr. R. W. Pohl, Göttingen, Universität, I. Physikalisches Institut.
Prof. Dr. F. Trendelenburg, Berlin-Nikolassee, Libellenstr. 4.
Dipl.-Ing. G. H. Winkler VDE, Berlin-Schlachtensee, Am Schlachtensee 128.
Geh. Reg.-Rat Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr.-phil. J. Zenneck VDE, München, Georgenstr. 9.

Abschluß des Heftes: 6. April 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 20. April 1939 | Heft 16

Foto-Hoffmann.

In Dankbarkeit grüßen die Männer der deutschen Elektrotechnik zusammen mit allen deutschen Ingenieuren zu seinem fünfzigsten Geburtstag den Mann, der als Führer und Reichskanzler des Großdeutschen Reiches eine um ihr Bestehen ringende Industrie und Energieversorgung wieder emporriß und zu neuem, ungeahntem Aufstieg führte. Wir sind stolz darauf, zu unserem Teil beitragen zu können zur Lösung der großen Aufgaben, die Adolf Hitler dem deutschen Volke gestellt hat, und die von uns den immer stärkeren Einsatz der Elektrotechnik für eine blühende deutsche Wirtschaft verlangen.

Unser Dank an den Baumeister des Großdeutschen Reiches sei das Gelöbnis unermüdlicher Arbeit für Volk und Reich!

Die Beleuchtung der Ost-West-Achse in Berlin.

Von Eberhard von der Trappen, Berlin.

DK 628.971.6

Zum Geburtstag des Führers, am 20. 4. 1939, wird die unter der Leitung des Generalbauinspektors Prof. Albert Speer gebaute Ost-West-Verbindung der Reichshauptstadt zwischen dem Brandenburger Tor und dem Adolf-Hitler-Platz mit einer Länge von rd. 7,1 km in ihrer gesamten Ausdehnung fertiggestellt. Damit zugleich wird eine neuzeitliche Straßenbeleuchtungsanlage in Betrieb genommen, die nicht nur in Anbetracht ihres sehr hohen Gesamtanschlußwertes von 2100 kW, sondern auf Grund ihrer völligen Neuheit auf dem Gebiet der Beleuchtung breiter und repräsentativer Straßen weit über den Kreis der lichttechnischen Fachmänner hinaus die Ingenieurwelt in erhöhtem Maße interessiert.

Die Forderung für die Beleuchtung der Straße gipfelte darin, eine durchaus gleichmäßige, völlig ausreichende und keinesfalls die Verkehrsteilnehmer blendende Beleuchtung mit seitlich der rd. 50 m breiten Straße in 6 m Lichtpunkthöhe angeordneten Lichtquellen zu bewirken. Eine allerdings bescheidene Vorgängerin hat die nach diesen Anforderungen zu erstellende Beleuchtung in der Anlage Unter den Linden (Abb. 1), die Lichtpunkthöhen von 4,5 m in Abständen von 16 m bei einer Glühlampenbestückung von 500 W je Leuchte aufweist und eine Bodenbeleuchtungsstärke von im Mittel 8 lx erzielt. Für die Beleuchtungsstärke in der Ost-West-Achse wurde etwa das Vier- bis Sechsfache vorgesehen.

Abb. 1. Neuzeitliche Straßenbeleuchtung Unter den Linden.

Die Abb. 2 zeigt untereinander die Straßenprofile Unter den Linden und in dem bebauten Teil der Ost-West-Achse. Während der Lichtstrom der Leuchten Unter den Linden nur eine Fläche von 15 × 16 m aufzuhellen hat, muß in der neuen Straße eine Brennstelle ein Feld von 18 × 25 m ausleuchten (vgl. Abb. 9). Der Lichtstrom der zu verwendenden Glühlampen ist in dem bebauten Stück der Ost-West-Achse zwischen Knie und Adolf-Hitler-Platz vornehmlich auf die Fahrbahnen zu richten, weniger auf die verhältnismäßig (im Vergleich zu den Fahrbahnen) schmalen Bürgersteige, im Gegensatz zu dem Straßenteil im unbebauten Tiergarten. Dort ist Wert darauf zu legen, daß auch die Straßenflucht hinter den Leuchten, also die Promenaden und die anschließenden Grünanlagen des Tiergartens, aufgehellt werden. Mit Fug und Recht läßt sich behaupten, daß nirgendwo eine Straßenbeleuchtungsanlage, noch dazu in dieser Länge von 7,1 km, vorhanden ist, welche unter den hier vorliegenden Verhältnissen, nämlich einer Straßenbreite von 50 m, und den einzuhaltenden Bedingungen, und zwar Lichtpunkthöhe von 6 m bei seitlicher Anordnung, völlige Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke in Fahrtrichtung und Blendungsfreiheit der Leuchten, eine mittlere Bodenbeleuchtungsstärke von 40 lx aufzuweisen hat. Gute Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke ist in vorhandenen Anlagen, selbst unter Verwendung sehr hoher Lichtpunkthöhen bei seitlicher Anordnung oder bei Aufhängung der Beleuchtungskörper über Fahrbahnmitte, meist nur unbefriedigend erreicht worden; entweder bleibt die Straßenmitte dunkler, oder die Übergänge von den Fahrbahnen zu den Bordkanten weisen geringere Helligkeit auf, zu schweigen von den Beleuchtungstälern zwischen den einzelnen Brennstellen. Die Verkehrssicherheit auf dieser äußerst stark befahrenen Hauptdurchgangs- und Fernverkehrsstraße und ihr repräsentativer Charakter machten die lichttechnisch an sie gestellten Forderungen berechtigt und rechtfertigen damit auch die vielleicht zunächst phantastisch anmutenden Anforderungen für die Beleuchtungseinrichtungen.

Berechnungen der zu erzielenden Beleuchtungsstärken ergaben einen notwendigen Lichtstrom von etwa 60 000 lm je Brennstelle, das entspricht einem Anschlußwert von 3000 W Glühlampenleistung, und zwar in Abständen von etwa 20 m für eine Straßenseite. Es wurden Versuche mit Holzmodellen für Masten und Leuchten durchgeführt, die einen gewissen Anhalt gaben, welche Form für Masten und Leuchten gewählt werden könnte und, was für den Ingenieur das Wichtigere war, sie ergaben einen Anhalt für die erforderlichen Ausmaße von Mast und Leuchten, die zur Unterbringung der Anschlüsse und des Leuchtsystems benötigt wurden. Die beleuchtungstechnische Industrie hat in engster Zusammenarbeit mit der Haupttiefbauverwaltung der Stadt Berlin und der Abteilung für öffentliche Beleuchtung der Bewag Leuchtsysteme entwickelt, die, eingebaut in Modell-Leuchten auf einer Probestrecke von 700 m Länge, einerseits zeigten, daß die von dem Generalbauinspektor geforderten Bedingungen eingehalten werden können, anderseits gestatteten, die erreichte Lichtwirkung zu prüfen und aus den verschiedenen Konstruktionen die besten auszuwählen. Die Auswahl der endgültig verwendeten Leuchtsysteme erfolgte durch den Generalbauinspektor persönlich.

Wie bereits bei Erörterung der in Abb. 2 dargestellten Straßenprofile angedeutet, kann nicht durchgehend für den gesamten Straßenzug ein gleiches Leuchtsystem ge-

wählt werden. Zwischen Adolf-Hitler-Platz und Platz am Knie sind die Brennstellen zwischen den Bäumen angeordnet, deren Laubwerk bis an die Leuchten heranreicht. Es ist deshalb nicht vorteilhaft, die größte Lichtmenge in Fahrtrichtung ausfallen zu lassen, sondern der Lichtstrom muß vorwiegend quer zur Fahrtrichtung zwischen den Baumkronen hindurch gerichtet werden. Außerdem ist hier das Straßenstück bebaut. Deshalb genügt eine geringe Beleuchtung der Bürgersteige. Anders liegt der Fall an den Straßenecken und in dem unbebauten Teil der Straße zwischen Knie und Brandenburger Tor. An den Straßenecken muß der Lichtstrom auch weitgehend der Aufhellung der Straßenkreuzung nutzbar gemacht werden, also der Schaffung eines lichttechnisch ausreichenden Überganges von der dunkleren Nebenstraße auf die Hauptverkehrsstraße. Im Tiergarten kommt es darauf an, die hinter den Brennstellen verlaufenden Promenaden und auch etwas die angrenzenden Grünflächen und die Sträucher aufzuhellen, damit ein seitlicher Abschluß der breiten Straße geschaffen wird und der Tiergarten nicht völlig dunkel zu beiden Straßenseiten erscheint.

Abb. 2. Profile der Straße Unter den Linden und der Ost-West-Achse in der Bismarckstr. und im Tiergarten.

Die Herstellung der Leuchtsysteme ist eine Arbeit, die im Bereich der Optik liegt, weil zur Richtung des Lichtstroms besondere Spiegel verwendet werden müssen, deren Form unter Anwendung der Gesetze über Reflexion konstruiert werden muß. Es hat sich daher für die Leuchtsysteme auch die Bezeichnung „Optik" der Leuchte eingeführt. Die Abb. 3 und 4 zeigen derartige Versuchsoptiken. Die kugelähnliche Leuchte der Abb. 3 ist mit einem Parabolspiegel ausgerüstet, in dem exzentrisch die Glühlampen so angeordnet sind, daß der Lichtstrom größtenteils auf die Fahrbahn, und zwar in Fahrtrichtung, geworfen wird. Die Leuchte gibt eine recht gute Lichtverteilung; auch die Ausleuchtung des Glasgehäuses dergestalt, daß die matten Gläser eine gleichmäßige Helligkeitsverteilung, also gleiche Leuchtdichte, zeigen, war durch die zusätzlich über dem Rundspiegel angeordneten kleinen Glühlampen befriedigend gelöst. Die Verwendung dieses Leuchtsystems scheiterte an der Größe des Spiegels. Die Abb. 4 zeigt eine andere Versuchsoptik, in der zwei übereinander stehende Hohlspiegel einen vorwiegenden Lichtausfall zum Fahrdamm bewirken. Damit eine gleichmäßige Leuchtdichte erzielt wird und nicht die in der Hauptausstrahlungsrichtung befindlichen Scheiben heller erscheinen, also größere Leuchtdichte aufweisen, sind die

Abb. 3. Versuchsoptik für die Straßenbeleuchtung der Ost-West-Achse.

Abb. 4. Versuchsoptik für die Ost-West-Achse.

Spiegel durchbrochen. Aus den von sechs Firmen zur Prüfung vorgelegten Optiken wurden zwei ausgewählt, die den gestellten Anforderungen am besten entsprachen. Diese Optiken wurden in Modelle der inzwischen von dem Generalbauinspektor entworfenen Leuchten eingebaut. Die Nachtwirkung läßt die Abb. 5 erkennen.

Abb. 6 zeigt das endgültige Leuchtsystem der Fa. C. A. Schäfer, Abt. Hellux-Hannover, das für den baumbestandenen Teil der neuen Straße gewählt wurde. In jedem der beiden übereinander angeordneten Hohlspiegel brennt eine 750 W-Glühlampe. Hinter den Hohlspiegeln ist zusätzlich ein Zylinderspiegelstreifen eingesetzt. Der untere der beiden Hohlspiegel ist ausgezackt, damit eine gleichmäßige Ausleuchtung der Riffelglasscheiben des Leuchtengehäuses erreicht wird.

Die Leuchten, die in dem nicht baumbestandenen Straßenstück und an den Straßenecken verwendet werden, haben ein Leuchtsystem der SSW, das lediglich aus einem in das Oberteil des Gehäuses eingebauten, besonders geformten Rundspiegel besteht, in den eine Glühlampe von 1000 W und eine solche von 500 W eingebaut sind. Diese Optik zeigt Abb. 7.

Die Abb. 8 veranschaulicht die in der Ulbrichtschen Kugel gemessenen Lichtverteilungskurven der SSW-Optik. Die Messungen erfolgen subjektiv mittels Sektoren-Photometer und zur Kontrolle objektiv mit einer Sperrschichtzelle. Die Kurven zeigen sehr klar, daß der größte Teil des Lichtstroms zur Fahrbahn gerichtet und in nennenswertem Umfange noch Licht nach dem Bürgersteig abgegeben wird, so daß z. B. eine Straßenecke sehr gut ausgeleuchet werden kann. Eine bedeutende Lichtmenge wird auch noch in den Straßenraum über den Fahrbahnen gebracht und der Aufhellung der anliegenden Gebäude nutzbar gemacht. Hiermit wird man

Abb. 5. Nachtwirkung des von Prof. Speer entworfenen Lichtmastes für die Ost-West-Achse.

Abb. 6. Endgültige Hellux-Optik für die Beleuchtung der Ost-West-Achse. Bestückung 2×750 W. Lichtrichtung vorwiegend zur Fahrbahn.

Abb. 7. Endgültige Siemens-Optik für die Beleuchtung der Ost-West-Achse. Bestückung 1000 W + 500 W. Lichtrichtung siehe Abb. 8.

einer in letzter Zeit mehr und mehr in den Vordergrund tretenden Forderung gerecht, die auch Unter den Linden bei Einrichtung der Beleuchtung maßgebend war, nämlich

Abb. 8. Eine der Lichtverteilungskurven für die SSW-Optik.

den gesamten Straßenraum und nicht nur, wie bei den üblichen Straßenbeleuchtungen, den Raum unterhalb der Leuchten aufzuhellen. Die Straße erhält dadurch einen festlich - repräsentativen Charakter.

In Abb. 2 auf S. 488 dieses Heftes ist eine Messung dargestellt mit einer Probeoptik. Wenn von einer zu erreichenden völligen Gleichmäßigkeit der Beleuchtung gesprochen wurde, könnte an Hand des dort dargestellten Luxgebirges das Urteil entstehen, daß die völlige Gleichmäßigkeit ja nicht erreicht wurde. Die Forderung kann selbstverständlich nur in Fahrtrichtung gelten und ist insofern auch erfüllt, wie die Isoluxkurven erkennen lassen. Aus einer Lichtpunkthöhe von nur 6 m auch eine völlige Gleichmäßigkeit quer zur Fahrtrichtung zu erzielen, muß als unmöglich bezeichnet werden, wenn auch Blendungsfreiheit und gleiche Leuchtdichte des Leuchtengehäuses gefordert werden.

Ost-West-Achse Unter den Linden
Charlottenburg Tiergarten

Abb. 9. Veranschaulichung der von einer Brennstelle auszuleuchtenden Fläche Unter den Linden und Ost-West-Achse.

Die Leuchten der Ost-West-Achse sind so eingerichtet, daß jeweils eine Glühlampe je Leuchte abgeschaltet werden kann. Die volle Beleuchtung brennt bis 24 Uhr. Nach 24 Uhr bleiben die gleichen Beleuchtungsverhältnisse bei entsprechend geringerer Stärke gewährleistet.

Die elektrischen Einrichtungen dieser wohl einzig dastehenden Anlage hier ausführlich zu beschreiben, würde zu weit führen. Es waren 707 Brennstellen erforderlich. Davon sind 1332 Leuchten mit je 1500 W Glühlampenleistung bestückt. Für die Straßenbeleuchtung allein werden rd. 2030 kW aufgewendet. Bereitzuhalten ist außerdem ein Anschlußwert von rd. 4000 kW für Festbeleuchtungseinrichtungen. Die Gesamtleistung wird bereitgestellt in 10 unterirdischen und 10 oberirdischen Netzstationen. Verwendet sind vorwiegend Transformatoren von 500 kVA. Die Beleuchtungskabel haben einen Querschnitt von $4 \times 120\ mm^2$ Al plus $3 \times 2{,}5\ mm^2$-Schaltadern für besondere Zwecke. Es waren insgesamt 26 000 m Beleuchtungskabel und 12 000 m Fernschaltkabel, teils 36-adrig und teils 19adrig, zu verlegen. An die Stromkreise sind jeweils etwa 14 Brennstellen parallel angeschlossen. Einen kleinen Begriff von der zu leistenden Arbeit vermittelt die Tatsache, daß allein für den Anschluß der Masten und für den Anschluß von Festbeleuchtung 1542 Kabelendverschlüsse herzustellen waren. Rechnet man überschläglich mit weiteren 15 Endverschlüssen je Station, ergibt sich ungefähr eine Anzahl von 1842 Endverschlüssen in der Anlage.

Von zwei Fernschaltzentralen aus wird die Beleuchtung, und zwar sowohl Straßen- als auch Festbeleuchtung, mit Hilfe der in Berlin gebräuchlichen Fernschalt- und Überwachungseinrichtung gezündet und gelöscht und so überwacht, daß jede Störung durch eine ausfallende Glühlampe, Ausbleiben der Spannung, Erdschluß, Relaisstörungen u. dgl. sofort durch Lichtsignal im Fernschaltraum gemeldet werden. Vorgesehen ist Halb- und Ganznachtbeleuchtung derart, daß nach 24^{00} ⅓ bis ½ des Lichtstroms abgeschaltet wird.

Mit der Kabelverlegung wurde im August 1938, mit dem Stationsbau im September begonnen. Die Montage der Masten, also Herstellung der Fundamente und Kabelanschlüsse, begann zwischen Weihnachten und Neujahr. Es darf wohl mit Recht erwähnt werden, daß hier eine außergewöhnlich umfangreiche Anlage in einer bemerkenswert kurzen Zeit erstellt wurde.

Rückblick auf die Leipziger Frühjahrsmesse im Hause der Elektrotechnik.

Von G. H. Winkler VDE, Berlin.

DK 621.3(061.4)

Diese Frühjahrsmesse übertraf ihre Vorgängerinnen wieder einmal, nicht nur an Umfang und Ausstellerzahl, sondern auch an Lebendigkeit. Überall fehlt es bereits wieder an Raum, verschiedene Neubauten sind daher geplant. Auch das HdE ist wieder zu klein und mußte eine Reihe von Elektrofirmen an andere Hallen verweisen. Einige Zahlen mögen die gute Entwicklung verdeutlichen:

Gesamtzahlen der Reichsmesse Leipzig.

		1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939
Belegte Fläche . .	1000 m²	110,4	124,7	131	142	156	186	198
Aussteller		6417	7406	7525	8106	8873	9512	9894
geschäftliche Besucher	in Tausend	107	159	196	238	263	304	331
darunter Ausländer.	in Tausend	15,5	16,4	21,7	24,7	31,7	36	30*)

*) Die Differenz gegen 1938 erklärt sich aus dem Zutritt der Ostmark und des Sudetenlandes zum Deutschen Reich.

Die Elektrotechnik selbst bot ein sehr lebhaftes Bild. Die Entwicklung ist vorwiegend in die Breite gegangen, es wurde also weniger Wert auf einzelne Spitzenleistungen gelegt, obgleich auch diese vertreten waren, sondern die an sich bekannten Geräte und Maschinen sind in vielen Einzelheiten verbessert und ihre Anwendung vervielfacht worden. Wie in allen Jahren hoben sich auch diesmal einzelne Gebiete besonders heraus, denen die Firmen infolge des innerdeutschen Bedarfs ihre größte Sorgfalt gewidmet hatten; es waren dies etwa: die Elektrowärme, Motoren und Installation. Das letztgenannte Gebiet behandelte auch der VDE in der gut besuchten Kurztagung[1]) „Zeitgemäße Installation".

Abb. 1. Teilbild des VDE-Standes.

Wie schon im vergangenen Jahr angedeutet, erhält die Messe zunehmend auch den Charakter einer Lehrschau. Diese Tendenz fand sich in diesem Jahr wieder bestätigt, wie aus dem folgenden Bericht des öfteren hervorgehen wird. Auch der VDE hatte dem auf seinem Stande Rechnung getragen (Abb. 1). Um das etwas spröde Thema „Vorschriften" schmackhafter zu machen, hatte er — und zwar mit großem Erfolg — mit dem männlichen Spieltrieb gerechnet: Ein großes Panorama mit eingefügten Glühlämpchen zeigte beispielhaft Stromerzeugung, -verteilung und -verbrauch; von einem Schaltpult aus konnte man die Lämpchen einschalten, eine Leuchtschrift gab gleichzeitig an, welche VDE-Vorschrift für die betreffende Stelle (Isolator, Antenne, Steckdose usw.) gilt.

Nachstehend werden nun die durch das HdE vermittelten Eindrücke zusammengefaßt, wobei öfters auf die Messehefte der ETZ verwiesen und die dort noch nicht berücksichtigten Dinge etwas eingehender behandelt werden.

Maschinen, Transformatoren und Stromrichter.

DK 621.313 + .314

In den letzten Jahren konnte mehrfach von Bemühungen um den **Leichtmetallmotor** berichtet werden[2]). Diesmal sah man solche Motoren schon in Serien (Sachsenwerk), vorerst für kleine Leistungen unter 1 PS. Das von Lüftungskanälen durchsetzte Blechpaket ist mit einem Siluminmantel umspritzt. Die Lagerschilde bestehen aus dünnwandigem Elektronspritzguß. Da beim Spritzen hohe Genauigkeit eingehalten werden kann, ist die Nacharbeit sehr gering; als Lagersitz wird ein Stahlring in die Lagerschilde eingegossen. Bei gleichem Preis wie für einen Eisenmotor hat der Verbraucher den Vorteil des geringeren Motorgewichtes.

Da die Antriebsfrage mit im Vordergrunde der Messe stand, wurde von den Motorenherstellern auch die **Regelung der Drehzahl** stark herausgestellt. Bekanntlich hat sich der Drehstrom-Nebenschlußmotor weitgehend durchgesetzt, der ja durch Bürstenverschiebung stufen- und verlustlos regelbar ist. Von der Einfachheit der Bedienung und Steuerung hängt natürlich neben den wirtschaftlichen Vorteilen die Einsatzfähigkeit dieser teureren Motorgattung ab. BBC und SSW zeigten verschiedene Steuerungsarten nebeneinander, SSW auch die Fernsteuerung mittels eines kleinen Hilfsmotors, dabei schaltet eine Kontaktwalze selbsttätig beim Erreichen der obersten oder untersten Drehzahl ab. Nach dem Ausschalten des Motors läuft die Bürstenbrücke von selbst in die Anfahrstellung (tiefste Drehzahl) zurück.

An einem 5 kW-Drehstrom-Nebenschlußmotor wurde auch gezeigt (SSW), daß beim Lüfterantrieb die elektrische Regelung wirtschaftlicher ist als die mechanische Regelung mittels Drosselklappe; beide Betriebsarten ließen sich praktisch vorführen, ein gutes Beispiel der Lehrschau. Ein weiteres Kriterium der Wirtschaftlichkeit ist der Drehzahlbereich. Je größer er gewählt werden kann, desto mehr treten die wirtschaftlichen Vorteile hervor. Drehstrom-Nebenschlußmotoren lassen sich bis zur Vollregelbarkeit ausführen; ein solcher Motor war auch ausgestellt (SSW).

Schon im Vorjahrsbericht wurde erwähnt, daß man der **Bremsung** des Motors zunehmend Aufmerksamkeit schenkt. Das zeigte sich auch diesmal wieder. Neben hier

[1]) Bericht: N. Lieber, S. 483 dieses Heftes.

[2]) z. B. ETZ 59 (1938) S. 409.

schon beschriebenen Ausführungen mit Verschiebeanker[3]) sah man eine Neukonstruktion mit feststehendem Läufer und axial verschiebbarem Bremskonus (Sachsenwerk), bezeichnet als Motor mit eingebauter Magnetbremse (Abb. 2). Die über der Motorwelle liegende Bremsfeder wirkt unmittelbar auf den Bremskonus, der im Ruhezustand gegen den Bremsbelag gepreßt wird. Beim Einschalten des Motors werden sechs sternförmig angeordnete Lüftmagnete mit eingeschaltet; sie können nach Ausschalten des Motors auch für sich eingeschaltet werden. Der Motorwirkungsgrad wird durch die Bremslüftung nur um 2 bis 3 % verschlechtert; die Verlustwärme führen besondere Lüfterflügel ab.

Abb. 2. Drehstrommotor mit Bremsmagnet.

Um die elektrische Gegenstrombremsung durch Vertauschen zweier Ständerphasen einfach zu gestalten, wird ein Bremswächter mit dem Motor gekuppelt, der z. B. als Fliehkraftschalter arbeitet (Sachsenwerk). Er bereitet bei einer gewissen Drehzahl die Bremsung vor und schaltet sie kurz vor dem Stillstand wieder ab[4]). — Die elektrohydraulische Eldro-Bremse konnte ihren Verwendungsbereich auf Krane und Aufzüge erweitern; sie ermöglicht dort eine einfache, stoßfreie Steuerung, besonders auch wenn es auf zentimetergenaues Fahren ankommt[5]).

Schließlich gehört hierhin noch ein neuer Schleppschalter für die Gegenstrombremsung (Ziehl-Abegg), der sich auch nachträglich leicht an den Motor anbauen läßt. Er besteht aus einem auf die Welle zu setzenden Kugellager mit einstellbarer Reibvorrichtung und einer hiermit gelenkig verbundenen Kontaktvorrichtung, die am Gehäuse befestigt wird.

Auch an Kleinmotoren wird neben den bekannten Modellen zahlreicher Firmen ständig Neues geboten. Unter anderem sah man einen neuen Kleinsynchronmotor für Instrumente und Regler[6]) und bei einem Münzzähler (AEG) sogar einen Synchronmotor für Gleichstrom, der für die Synchronisierung die Welligkeit der Gleichspannung in gleichrichtergespeisten Netzen ausnutzt. Bei Betrieb dreiphasiger Gleichrichter werden die Motoren für 150 Hz, bei sechsphasigen Gleichrichtern für 600 Hz bemessen. — Ausgehend von der Erkenntnis, daß für Einbauzwecke bei besonders beschränktem Raum (tragbare Geräte, Flugzeuggeräte) die kubische Bauform mit ungleichen Kantenlängen jeder anderen überlegen ist, wurde ein Flachmotor für zunächst 10 W abgegebene Leistung entwickelt (Elektro-Mechanik List). Die Abmessungen sind 22 × 52 × 107 mm; Gewicht 600 g, Wirkungsgrad mindestens 40 %. Der Ständer ist so aufgebaut, daß in der einen Richtung der Durchmesser des Trommelankers nicht überschritten wird; das Ständerfeld wird durch Permanentmagnetteile (mit zwischengeschalteten Oerstitwürfeln) erzeugt. Der Motor ist für Gleichstrom-Niederspannung gedacht; eine weitere Konstruktion soll für Wechselstrom- bzw. Universalbetrieb geeignet sein.

Zum Schluß dieses Abschnittes seien noch zwei Antriebe erwähnt. Da ist zuerst ein neuer Elektrohammer[7]) für Installation und Werkstatt (AEG). Durch ausführliche Untersuchung des Leistungsumsatzes in einem elektromagnetisch hin- und herbewegten Antrieb gelang es, richtige Bemessungsregeln zu finden und danach einen Hammer zu konstruieren (Abb. 3). Der aus Blechen aufgebaute Schläger *1* wird von den beiden Magnetspulen *2* und *3* hin- und hergeworfen; bei seiner Bewegung schaltet er mittels der auswechselbaren Kontaktpatrone *5* jeweils die richtige Spule ein. Der Arbeitsschlag trifft auf das vorn eingesetzte Werkzeug *6*, den Rückprall fängt die Feder *7* auf. Mit dem Druckschalter *8* kann man auch wenige Einzelschläge (zwei bis drei) steuern. Die Speisespannung von 36 V wird über einen kleinen tragbaren Selengleichrichter aus dem Lichtnetz entnommen; Leistungsaufnahme 200 W, Schlagzahl 25 bis 30 je Sekunde. Der Hammer bohrt z. B. bei 28 mm Bohrdurchmesser in 1 min 75 bis 100 mm in Ziegel, 30 bis 35 mm in Beton. In der gleichen Zeit kann man von 4 mm-Flacheisen einen Span von 200 mm Länge und 4 mm Dicke wegschlagen.

Mit einem Magnetmotor ist ein Turbolüfter (Ziehl-Abegg) ausgestattet, der klein und geräuscharm ist; Drehrichtung und Luftleistung kann man durch Umschalten ändern. Da der Lüfter im besonderen für Schiffskammern bestimmt ist, bietet der Wegfall der Magnetspulen, die sonst oft durch Feuchtigkeit leiden, einen Vorteil.

Die Transformatoren waren diesmal schwächer vertreten. Nach den Neuerungen der letzten Jahre ist z. Z. etwas Ruhe eingetreten. Unter dem Gesichtspunkt der Ölersparnis wurden Trockentransformatoren bis zu 125 kVA gezeigt (Görler). An Schutzeinrichtungen waren der Täuber-Schutz[8]) ausgestellt und der Buchholz-Schutz. An das Buchholz-Relais läßt sich ein Gasprüfgerät[9]) anbauen, mit dem man rasch die Gasart bestimmen und so zwischen Wicklungsfehler und Eisenbrand oder Überschlag unterscheiden kann (AEG). Kurzschlußversuche haben gezeigt, daß das Buchholz-Relais auch bei heftigen Druckwellen infolge stromstarker Lichtbögen sicher anspricht.

1 Schläger
2 Schlagspule
3 Rückhubspule
4 lamelliertes Gehäuse
5 Kontaktpatrone
6 Werkzeug
7 Rückprallfeder
8 Schalter

Abb. 3. Elektrohammer, 200 W.

In überraschend kurzer Zeit hat sich der pumpenlose Klein-Eisenstromrichter zu einem betriebstüchtigen Gerät entwickelt; er wurde in Leipzig mehrfach in den neuesten Ausführungen gezeigt[10]). Erstaunlich ist auch die Leistungssteigerung bei Trockengleichrichtern, die in einer Einheitsbauweise zu bequemen Sätzen zusammengefaßt und durch eine Drossel verlustlos regelbar sind. Dank ihrem hohen Wirkungsgrad haben die Trockengleichrichter z. B. bei galvanischen Anlagen

[3]) ETZ 60 (1939) H. 9, S. 273.
[4]) Sachsenwerk-Mitt. 9 (1939) S. 58.
[5]) Vgl. a. Schiebeler, AEG-Mitt. (1938) H. 2, S. 76.
[6]) ETZ 60 (1939) H. 9, S. 274.
[7]) AEG-Mitt. (1939) H. 3, S. 198.
[8]) ETZ 60 (1939) H. 10, S. 314.
[9]) Schmohl, VDE-Fachber. 8 (1936) S. 39.
[10]) ETZ 60 (1939) H. 9, S. 260 u. 276.

und Elektrolysen vielfach die umlaufende Maschine verdrängt. Abb. 4 zeigt einen ungeregelten Gleichrichtersatz für 8 V, 1000 A; der oben aufgebaute Dom enthält den Lüfter. Mit ähnlichen Sätzen sind bereits Elektrolysen bis zu 60 000 A ausgerüstet worden (SSW).

Leitungen und Isolatoren.

DK 621.315

Die bei allen Leitungsarten laufenden Versuche zur Verwendung von Heimstoffen sind offenbar bei den Drähten schon am weitesten gediehen. Ausgestellt waren z. B. Leitungen mit Zellwollebeflechtung, Kupferdrähte mit Glasisolation für Motorwicklungen (Durchschlagspannung unter Öl > 10 kV von Lage gegen Lage), dann NGA mit Mischgarnbeflechtung (Zell- und Baumwolle) und eine Versuchsausführung mit einer Isolation aus Zellulosefolie (Felten & Guilleaume). Bei den großen Firmen wurden auch wieder Höchstspannungskabel in den bekannten Ausführungen gezeigt[11]). Erwähnt seien noch Fernsprechkabel mit 30 bis 40 % schwächerem Bleimantel, der nun nur dem Feuchtigkeitsschutz dient, und einer Stützkonstruktion in Form einer Bandeisenwendel, die über der normalen Kabelseele liegt (Osnabrücker Kupfer- und Drahtwerk). Ein neues Baggerschleppkabel wurde hier schon besprochen[12]), ebenso verschiedene Freileitungsklemmen[12]). Zum Ausziehen und Spannen von Aluminiumseilen wurde eine Backenklemme gezeigt, die mit zwei Größen alle Querschnitte von 16 bis 120 mm² faßt (Gebr. Hannemann & Cie.).

Abb. 4. Drehstrom-Trockengleichrichter in Lamellenbauweise; 8 V, 1000 A.

Der Langstabisolator konnte seine Stellung festigen und wurde einerseits mit gestaffelten Schirmabständen, anderseits — zu dreien zusammengebaut — als Stützer für hohe Spannungen gezeigt[13]). Zum Einziehen von Kabeln sah man dünnwandige, 2 m lange Porzellanrohre mit metallisierten Enden zum Verlöten der Muffen (5 mm Wandstärke, Außendurchmesser 55 mm; Porzellanfabrik Kloster Veilsdorf).

Schalter für Hochspannung.

DK 621.316.5.027.3

Die Entwicklung der Hochspannungsschalter ist ruhiger geworden, da die deutschen Sonderkonstruktionen sich gut bewährt haben. Man sah die nun schon bekannten Typen von ölarmen und öllosen Leistungs- und Leistungstrennschaltern[14]), außerdem auch ein neues Hochspannungsluftschütz[14]). Für Reihe 10 bis 45 ist ein neuer Druckluft-Schnellschalter entwickelt worden (BBC), der in zwei Ausführungen Reihe 10 für 2500 A, 650 MVA und 600 A, 500 MVA ausgestellt war. Ein waagerecht liegender Druckkessel bildet den Grundrahmen des Schalters (Abb. 5). Zum Einschalten dienen Trennmesser. Das Ausschalten geht in Schaltkammern vor sich, die einen düsenförmigen festen Kontakt und einen kolbenartigen beweglichen Löschkontakt enthalten. Die Trennmesser werden erst dann zwangläufig ausgelöst, wenn der Lichtbogen in den Schaltkammern gelöscht ist.

Ein einphasiger Expansionsschalter (SSW) ist als Synchronschalter für Vollbahnen bestimmt, die mit Einphasenstrom 16⅔ Hz, 16 kV betrieben werden. Die Löschung des Lichtbogens, die an den Nulldurchgang des Stromes gebunden ist, erfolgt bei diesem Schalter immer bei der kleinsten Kontaktentfernung, die für die Löschung notwendig ist. Damit wird die innere Beanspruchung des Schalters gegenüber nicht gesteuerten Schaltern herabgesetzt. Gesteuert wird mit einem im Primärstrom liegenden Synchronauslöser, der bei Überstrom das Ausschaltkommando für den Expansionsschalter nicht zu einem beliebigen Zeitpunkt, sondern genau im Nulldurchgang des Überstroms gibt. Ferner wird die Schaltgeschwindigkeit so eingestellt, daß der Schaltstift genau eine Periode nach der Kommandogabe durch den Synchronauslöser die für die Löschung erforderliche Kontaktentfernung erreicht. Dies ist also immer dann der Fall, wenn der Strom durch Null geht; deshalb arbeitet der Schalter sehr weich und ohne Überspannungen.

Die Verwendung des Expansionsschalters als Kurzschlußlöscher wurde hier schon behandelt[15]). Auf ein Wiedereinschaltrelais sei wenigstens hingewiesen[16]).

Ein neuer unabhängig verzögerter Überstromauslöser (AEG) ist vollständig gußgekapselt. Der dynamisch zulässige Kurzschlußstrom kann bis zu 1000 I_n sein, der während 1 s thermisch zulässige Strom bis 250 I_n. Zu diesem Zwecke mußte die Nenndurchflutung des Auslösers auf den niedrigen Wert von 600 AW. festgesetzt werden. Dies wurde ohne Einbuße an Ankerkraft dadurch erreicht, daß der das Verzögerungswerk antreibende Motor in einem magnetischen Nebenschluß zum Arbeitsanker angeordnet wurde. Dank dieser Maßnahme konnte eine hohe Zugkraft und damit eine hohe Genauigkeit unter Vermeidung eines Kraftspeichers erreicht werden. Seine hohe Genauigkeit verdankt der Auslöser ferner dem Zeitmotor, der aus einem Synchronuhrenmotor entwickelt wurde. Die Streuung der zwischen 0 und 6 s einstellbaren Verzögerungszeit beträgt nur wenige hundertstel Sekunden. Der Ansprechstrom ist von 1,2 bis 2,0 I_n einstellbar. Außerdem ist ein unverzögerter Auslöser für 2 bis 6 I_n vorhanden.

Abb. 5. Druckluft-Schnellschalter.

Schaltanlagen und Relais.

DK 621.316

Der Schaltanlagenbau war durch eine Reihe von Modellen sowie durch vollständige Einzelschaltzellen nach seinem neuesten Stand vertreten. Ein im Maßstab 1 : 50 gehaltenes Modell einer 100 kV-Anlage (AEG) zeigte die übliche Bauweise mit einer Modifikation derart, daß die Verbindungsschienen zwischen den Sammelschienen-Trennschaltern und den Freistrahl-Leistungsschaltern als Rohrleitungen ausgeführt waren. Zwischen den Feldern liegen begehbare spannungsfreie Zonen von 2 bis 3 m bei einer Felderteilung von 8 m. Ein weiteres Modell für 10 kV war in Regelbauweise (AEG) ausgeführt[17]); die Schaltung wird baukastenartig aus wenigen Grundteilen zusammen-

[11]) Vgl. a. ETZ 60 (1939) H. 10, S. 303.
[12]) ETZ 60 (1939) H. 9, S. 276 u. 277.
[13]) ETZ 60 (1939) H. 9, S. 278.
[14]) ETZ 60 (1939) H. 9, S. 279.
[15]) W. Kaufmann, ETZ 60 (1939) H. 9, S. 241.
[16]) AEG-Mitt. (1939) H. 3, S. 173.
[17]) AEG-Mitt. (1938) H. 11, S. 508.

gesetzt. In dieser Anlage waren u. a. Druckgasschalter in Wandbauart auf einem fahrbaren Grundrahmen vorgesehen, in den auch Strom- und Spannungswandler sowie das Steuerventil eingebaut sind; damit vereinfacht sich natürlich die Montage an der Baustelle.

Großes Interesse fand das Modell (SSW) einer ausgeführten 100 kV-Kondensatoranlage zur Netzkompensation mit einer Leistung von 15 000 kVA (die Anlage selbst wurde bereits auf 24 000 kVA erweitert). Die Kondensatorensätze sind eine Einheitsbauweise und mit einer lichtelektrischen Schutzvorrichtung ausgestattet. Bei Fehlern an Kondensatoren tritt stets eine Aufbauchung des Behälters infolge Gasbildung ein. Durch diese Aufbauchung wird ein Fühlhebel beiseite gedrückt, der eine Blende auslöst, die den überwachenden Lichtstrahl unterbricht. Je 16 Kondensatorelemente, d. i. jede Phase einer Teilgruppe, werden durch einen Lichtstrahl gemeinsam geschützt.

Für Übersee besonders geeignet ist die Transformatorenstation in Leichtbauweise (SSW): Ein Blechhaus, das als Ganzes verschickt wird, enthält ohne den Transformator selbst die fertige Schaltung für Hoch- und Niederspannungs-Kabelzuführung, die Niederspannungs-Verteilungstafel und etwa sonst gewünschte Apparate. Am Verwendungsort brauchen also nur die Kabel und der Transformator angeschlossen zu werden.

Neue Trockenschaltschränke für 10 kV wurden im ETZ-Messeheft bereits beschrieben[18]). Erwähnung verdient noch eine Vorführanlage für Trennschalterverriegelung (AEG); die Steuer- und Verriegelungsapparate des Modells waren normale Teile, an Stelle der Schalter traten druckluftgesteuerte Symbole. Während die Verriegelungen bei Fernbedienung von der Zentrale aus und bei örtlicher Druckluftsteuerung an der Hochspannungswand wirksam sind, werden sie für die Notschaltmöglichkeit durch einen Sonderschlüssel aufgehoben. Die Verriegelung ist elektropneumatisch; das Steuerventil besitzt einen Fernmagneten für die Steuerung von der Warte und einen Verriegelungsmagneten. Man kann den Trennschalter nur dann schalten, wenn der Verriegelungsmagnet unter Strom steht; im Ruhezustand sind sämtliche Sperrmagnete durch einen gemeinsamen Schalter abgeschaltet, die Trennschalter also verriegelt. Das System ist leicht verständlich, im Betriebe bewährt und unempfindlich.

An neuen bzw. verbesserten Schutzvorrichtungen nennen wir die Löschrohrableiter[19]) für Freileitungen, Kathodenfallableiter mit verbessertem Widerstandskörper und Potentialsteuerung[20]) und die einfach wiederherstellbare HM-Sicherung[20]) für kleine Stationen. Aus dem Relaisgebiet zeigte eine Vorführanlage (SSW), wie der normale Impedanzschutz durch Hinzufügen einzelner Relais verschiedenartige Aufgaben übernehmen kann. Neu waren preiswerte Zeitrelais mit Synchronmotoren (SSW), die als normale Hilfsrelais und überall da verwandt werden können, wo man Einrichtungen mit Zeitverzögerung braucht. Als Hauptkontakt ist eine Quecksilberkipprohre vorhanden. Die Laufzeit wird sehr genau eingehalten, sie kann von außen an einer großen Kreisskala eingestellt werden, und zwar bei der einen Type von 1 s bis 150 min, bei der anderen von 0,25 bis 20 s. Das zuletzt genannte Relais hat eine Zwangssteuerung: der Kontakt kann sich nicht lösen oder vibrieren; erst eine Erregungsänderung löst die vorhandene feste Kuppelung.

Schalter für Niederspannung.

DK 621.316.5.027.2

Im Bau dieser vorwiegend für elektromotorische Antriebe bestimmten Schalter ist immer noch das Streben vorhanden, den Schalter leistungsfähiger zu machen in mechanischer und betrieblicher Hinsicht. Man will seine Lebensdauer auf ein Höchstmaß steigern und muß dies auch schon mit Rücksicht auf die gestiegenen Anforderungen an die Schalthäufigkeit tun. Der Schalter soll sich der Maschine, an der er angebracht wird, gut anoder einpassen, muß rauhe Behandlung vertragen und in seinen empfindlichen Teilen leicht auswechselbar sein. Schließlich kommen neue Schalterbauarten heraus, die für Sonderzwecke bestimmt sind, z. B. eine bestimmte Schaltungsart. Sehr an Bedeutung gewonnen hat ferner der Explosionsschutz der Schalter[21]), der in letzter Zeit zahlreiche Untersuchungen veranlaßte und auch auf der Messe erhöht angeboten wurde.

Neben den ausgesprochenen Motorschaltern, die meist auch Schutzschalter sind, stehen dann weiter die Sockelselbstschalter in lebhafter Entwicklung, und die Grenze zwischen ihnen und den Installationsselbstschaltern verwischt sich allmählich. Gerade diese kleinen Selbstschalter, die zahlreiche Firmen bauen, sind bei geringstem Raumbedarf konstruktiv sehr interessant. Ein neuer derartiger Schalter für 6 A, Gleich- und Wechselstrom, wird ein- bis dreipolig als Leitungs- und Motorschutzschalter hergestellt (Voigt & Haeffner). Der Schalter hat magnetische Blasung, thermische und elektromagnetische Auslösung; Aufbau auf keramischem Sockel mit Isolierstoffkappe.

Die Messehefte berichteten bereits über Schütze für hohe Schaltzahlen, über motorische Antriebe für Schalter sowie über eine Reihe von Motorschaltern[22]). Aus der Fülle des im HdE Gezeigten seien noch einige neue Schalter kurz beschrieben. So sind gußgekapselte Verteilungen (SSW) nach unten auf 100 A erweitert worden; das sog. U-System wird also nun von 100 bis 1000 A gebaut. Außerdem ist das gußgekapselte Material für explosionsgefährdete Räume (EU-System) ausgebaut worden mit den im Vorjahr erstmals gezeigten Schiebedeckeln. Ein Vorführbeispiel (SSW) zeigte im explosionsgefährdeten Raum den Motor und einen geschützten Schwenktaster zur Fernsteuerung. Der Schwenktaster schaltet einen Lüfter ein, der das Motorgehäuse erst von etwaigen Gasresten reinigt, bis durch Ablauf eines Zeitrelais das in einem ungefährdeten Raum untergebrachte Ständerschütz betätigt und über ein zweites Relais der Motor angelassen wird. Beim Ausschalten des Schwenktasters gehen alle anderen Schalter von selbst in ihre Ausgangsstellung zurück.

Ein neues 10 A-Drehstromschütz (AEG) ist als unverklinkter Fernschalter ohne Auslöser gebaut. Es ist vorwiegend für Werkzeugmaschinen gedacht und kann mit Arbeits- oder Ruhestromkontakten in beliebiger Anordnung ausgestattet werden. Ein Wärmeauslöser wird getrennt vorgesehen.

Ein Kugelgriffschalter für Wendebetrieb und Polumschaltung (Rudolf Knote) ersetzt den Dreifachdruckknopf; der Schalter gibt Impulskontakt, gewährleistet also Nullspannungsauslösung für das Schütz. Bis zu elf Stellungen hat der Festa-Wähler (Rudolf Knote) mit Kugelgriff; er ist also für Mehrmotorenantriebe geeignet. Zwischenstellungen können wirkungsfrei durch Eindrücken des Schalthebels überschaltet werden. Als Wendeschalter u. dgl. sind auch die kräftig gebauten Walzenschalter von Voigt & Haeffner gut geeignet, die in einer Type neuerdings für Gegenstrombremsung ausgeführt werden; dabei schaltet die eine Drehrichtung ein, die Mittelstellung aus, in der anderen Richtung gibt man kurze Bremsstöße durch Gegenstrom. Auch Fußschalter, fortschaltend oder ausein-schaltend, werden an Bohrmaschinen und Drehbänken gern verwendet (Busch-Jaeger). Druckknopf-Messerschalter, die mit nur einem Knopf ein- und ausschalten, sind z. B. als Stern-Dreieck-Schalter entwickelt worden (Bumke-Voß-Werke); ein Sichtzeichen läßt die Schalterstellung erkennen.

Es sei gestattet, in diesem Abschnitt noch kurz neue Drehwiderstände zu erwähnen (Rosenthal-Isola-

[18]) K. Bauerschmidt, ETZ 60 (1939) H. 9, S. 265.
[19]) R. Foitzik, ETZ 60 (1939) H. 9, S. 268.
[20]) ETZ 60 (1939) H. 9, S. 279 u. 280.
[21]) Vgl. hierzu ETZ 59 (1938) H. 42.
[22]) ETZ 60 (1939) H. 9, S. 250; H. 10, S. 293 u. 318.

toren G. m. b. H.), die für Gleichrichter, Sender, Ladegeräte u. dgl. bestimmt sind und Temperaturen bis zu 300 ° vertragen. Der Widerstandsdraht ist in einen anorganischen Zement eingebettet; Wicklungsträger ist ein keramischer Ring; die Drehachse ist vom Schleifer elektrisch isoliert. Diese wenig Raum beanspruchenden Widerstände werden oft vorteilhaft an Stelle von Schiebewiderständen verwendet werden.

Elektrowärme.

DK 621.365

Wie schon gesagt, war die Elektrowärme in hervorragendem Umfange an der Messe beteiligt; auch im HdE waren diesmal Elektroöfen in größerer Zahl zu sehen, die sonst vorwiegend nur in anderen Hallen ausgestellt waren. Den breitesten Raum nahmen die Anlagen für das Härten und Glühen ein, dabei häufig solche mit Schutzgasatmosphäre. Welche Ofenformen heute verwendet werden und welchen Zwecken sie dienen, ist in den Messeheften ausführlich beschrieben worden[23]). Auch Schutzgaserzeuger waren ausgestellt (AEG), z. B. eine Anlage für Leuchtgas, die bei einem Mischungsverhältnis 1 : 3 etwa 45 m^3/h liefert, und erstmalig eine Anlage zum Zerlegen von Ammoniak[24]). Über einzelne Neukonstruktionen wird in dem folgenden Aufsatz (S. 477 dieses Heftes) noch berichtet, wie auch dort die Elektroschweißmaschinen besprochen werden. An kleineren industriell verwendbaren Wärmegeräten sei noch ein Kabelmasseschneider hervorgehoben (Wilh. Hilzinger). Er besteht im wesentlichen aus einer beheizten U-förmigen Schleife, mit der man nach 10 min Anheizzeit die Masse aus dem Kasten in großen Stücken herausschneiden kann; Anschlußwert 500 W.

Auch aus der Elektrowärme für den Haushalt haben die Messehefte schon viel gebracht[25]). Der hierfür benötigte Ausstellungsraum ist ebenfalls erheblich gewachsen. Kochherde konnte man vom kleinen Siedlerherd bis zum Großküchenherd sehen und hier und da Neuerungen feststellen, die z. T. der Eisenersparnis galten. Neu war ein Wirtschaftsherd (AEG) für Gutshaushalte mit sechs Kochstellen und zwei Bratöfen, während an kohlekombinierten Elektroherden für Siedlungen der Kohleteil durch eingebaute Sturzzüge auf den neuesten technischen Stand verbessert war (AEG). Ebenfalls für Siedlungsbauten ist eine in ihrer Raumanordnung sehr zweckmäßige Dusch- und Waschanlage (SSW) geschaffen worden, deren 8 l-Speicher gleichzeitig die Küche versorgen kann. An Bügeleisen fanden sich Neuerungen teils technischer[26]), teils betrieblicher Art; so wurde der Umschalter eines selbstregelnden Eisens (SSW) mit den verschiedenen Stoffarten beschriftet, um die Arbeit zu erleichtern und zu verhindern, daß etwa kunstseidene Stoffe zu heiß gebügelt werden.

Installation.

DK 621.315 + .316

Die Installationstechnik, die jahrelang wenig hervorgetreten war, zeigte diesmal einen kräftigen Auftrieb, der nicht zuletzt durch die z. Z. so zahlreichen Bauvorhaben bedingt ist.

„Die" Neuheit für den Installateur waren die Impu-Leitungen mit zugehörigen Dosen, Steckdosen und Schaltern. Das Impu-System ist von 5 Firmen[27]) gemeinschaftlich geschaffen worden mit dem Ziel, das Ausstemmen von Mauerschlitzen für Isolierrohr zu vermeiden und dieses Rohr selbst zu ersparen; die Impu-Leitung wird also auf dem Mauerwerk („im Putz", nicht unter Putz) verlegt. Voraussetzung dafür ist eine genügend flache Leitung. Sie besteht aus zwei bis drei gummiisolierten Drähten, die durch einen flachen Gummisteg verbunden sind. Durch den Gummisteg kann man die Befestigungsstifte treiben. Die Verteilerdosen sind so flach, daß sie nur wenig über den Putz hinausragen, ebenso die Schalter und Steckdosen. Wünscht man bündiges Abschließen der Schalter usw. mit der Putzoberfläche, so wird eine geringe Stemmarbeit nötig, und zwar genügt schon eine Tiefe von 19 mm. Das Impu-System wird sich auch in Altbauten gut einführen, da für Nachinstallationen nur eine Rinne im Putz ausgearbeitet zu werden braucht.

Das übliche Unterputzmaterial war natürlich in reicher Fülle vertreten; einiges wurde hier schon erwähnt[28]). Mit geringer Einbautiefe (insgesamt 21 mm) kommen Unterputzapparate von Deisting aus; man sah hier weiter Kleinkombinationen und ein Sicherungselement zum An- oder Einbau in Maschinen und Geräte; die Kombination wird durch Bügel festgeklemmt, Gewindebohrungen sind also nicht nötig. Bei den Elgesit-Einbaukästen (Ellinger & Geißler) für Unterputzkombinationen wird der Blechhalterahmen der Kombination federnd in den Kasten eingehängt, so daß sich dadurch auch Unebenheiten der Wandfläche ausgleichen und man nichts zu schrauben braucht.

An zahlreichen Geräten sind die anvulkanisierten Gummistecker üblich geworden (z. B. AEG); anderseits wurden auch Gummischutzhüllen für beliebige Stecker angeboten (Land- und Seekabelwerke).

Daß bei den Verteilungstafeln ebenfalls Neues gezeigt wurde, war oben schon angedeutet worden. Die Tafeln mit Sockelselbstschaltern sind zweckmäßig und lassen sich gefällig in beliebiger Größe herrichten. Besonders für Molkereien ist eine Steuertafel mit eingebautem Motorschutzschalter, Überstromschutz und Kurzschlußschutz entwickelt worden (AEG), die spritzwassergeschützt ausgeführt ist. — Eine gefällige Form für Neubauten fand sich als Einbauschrank für Zähler, Sicherungen, Klingeltransformator usw. mit einer Innenbeleuchtung, die sich beim Öffnen der Türen selbst einschaltet (Bumke-Voß-Werke). Ein gut durchgebildetes Verteilungssystem mit Selbstschaltern usw. sah man bei Sursum, dort auch Stöpselautomaten für Stromstärken von 2 bis 25 A. Ein Sicherungsstöpselkopf mit unverlierbarem Fenster und kittlos eingefügter Hülse (Georg Schade) erschwert Stromdiebstähle. — Für den Einbau träger Sicherungen ist es wichtig, daß die im Verteilungsnetz etwa hintereinander geschalteten Patronen auch entsprechende Kennlinien haben. Die Hersteller bauen jetzt die „Träga-Patronen" nach einheitlich festgelegten Kennlinien und Streubändern. Die Kurzschlußflinkheit dieser Patronen ist derart, daß sie auch den hohen Ansprüchen der heutigen Großnetze voll gewachsen sind.

Auch bei den Zählertafeln gab es Neuheiten[29]), z. B. eine Einheits-Preßstofftafel (BBC) mit Anbaumöglichkeit oben und unten für Sicherungen, Walzenschalter u. dgl. In einer isolierstoffplattierten Zählertafel mit Blechrahmen (Bumke-Voss-Werke) sind für die Leitungen Kanäle im Isolierstoff vorgesehen. Der Zähler wird mit gewöhnlichen Holz- oder Mutterschrauben auf der Tafel befestigt.

Lichttechnik.

DK 621.32 : 628.9

Die Fragen, die heute in der Technik der Leuchten akut sind, betreffen die Werkstoffauswahl und die Anpassung der Leuchte an bestimmte Zwecke. Über beide Themen finden sich bereits Mitteilungen in den Messeheften[30]); das HdE zeigte weitere Lösungen, es bleiben aber noch genug Aufgaben für die Zukunft. Während an Arbeitsplatz- und Maschinenleuchten schon sehr befriedigende Ausführungen vorliegen, ist doch — wenigstens nach Meinung des Verfassers — die Wohnraumbeleuchtung technisch und damit auch wieder geschmacklich noch verbesserungsfähig.

Verschiedene Leuchten für die neuen Leuchtstofflampen (mit eingebauter Drossel) sowie für Mischlicht,

---

[23]) H. 9: J. Wolf, S. 245; G. Simon, S. 251; A. H. Dohns, S. 267. H. 10: W. Weber, S. 289. Ferner kurze Mitteilungen in H. 9, S. 282.

[24]) ETZ 60 (1939) H. 9, S. 251.

[25]) H. 9, S. 283.

[26]) ETZ 60 (1939) H. 9, S. 283.

[27]) AEG, Busch-Jaeger Lüdenscheider Metallwerke, SSW, Stotz-Kontakt, Voigt & Haeffner.

[28]) ETZ 60 (1939) H. 9, S. 254, 263, 280/82.

[29]) Vgl. a. ETZ 60 (1939) H. 10, S. 327.

[30]) H. 9, S. 255; H. 10, S. 323.

und zwar für Innenräume und Straße, zeigte u. a. Lindner & Co. Für die Innenbeleuchtung wird eine staubdichte Leuchte hergestellt; an den Werkplatzleuchten sind zweckmäßige Mehrfachkugelgelenke, die nachgezogen werden können. — Für Webstühle ist eine blendungsfreie Leuchte mit in die Breite gezogener Lichtausstrahlung geschaffen worden (Gebr. Hannemann). Eine Spinnstuhlleuchte hat die Fa. Zeiss konstruiert: An jedem Ende der 8 bis 10 m langen Spinnstühle wird eine Leuchte 30 bis 40 cm über den Fäden angebracht. Die Leuchte enthält einen aus Paraboloiden zusammengesetzten Spiegelkörper, der seinen besten Wirkungsgrad bei Niedervoltlampen erreicht. Bereits mit 25 W-, 12 V-Glühlampen ist die Beleuchtungsstärke am Lichtansatz 1000 lx, in der Mitte 400 lx; der ganze Lichtstrom ist auf ein enges Band konzentriert, die Fäden sind gut plastisch zu sehen, Blendung ist vermieden. Je ein Leuchtenpaar kann an einen kleinen Transformator angeschlossen werden. — Besonders für Baustellen und Fabriken waren seitlich und der Höhe nach schwenkbare Außenleuchten in Ständerausführung ausgestellt (Nova-Lux). — Schließlich gehört zu diesem Kapitel eine neue Swan-Fassung für hohe Belastungen (Thiel & Schuchardt). An Stelle des Spiralfederkontaktes ist hier eine Blattfeder getreten, deren eigenartige Form eine sichere, unterbrechungslose Stromübertragung bei nicht nachlassender Federung gewährleistet (Abb. 6).

Abb. 6. Blattfederkontakt einer Swan-Fassung.

Abschließend noch kurze Mitteilungen über neue Lampen (Osram): Die Leuchtstoff-Quecksilberdampflampe enthält auf der Innenseite des Kolbens feinstverteilten Leuchtstoff, der die mangelhafte Rotstrahlung des Hg-Lichtes verbessert; Ultraviolett gelangt nicht nach außen. Die Lampen werden für 3300 lm (83 W) und 5500 lm (130 W) hergestellt. — Eine Sonderlampe zur Anregung von Fluoreszenz, die nur wenig sichtbares Licht abgibt, ist für Fahrzeuge, Flugzeuge und ähnliche kleine Räume als Hg-Niederdrucklampe mit Glühkathode für 24 V geschaffen worden. Die Lampe hat Klarglaskolben und wird zum Betrieb als Fluoreszenzerreger mit Blauglas abgedeckt. — Die Ultra-Vitalux-Lampe enthält in dem UV-durchlässigen Kolben einen Quarz-Hg-Hochdruckbrenner und eine Wolframdrahtwendel. Die Lampe (300 W) liefert Ultraviolett, Licht und Ultrarot im richtigen Verhältnis der Sonnenstrahlung; sie wird ohne Vorschaltgerät an das 220 V-Netz angeschlossen.

Nachrichtentechnik.

DK 621.39

Als besonderes Ereignis dürfen wir das Erscheinen von Drahtfunkgeräten auf der Messe werten. Inzwischen wurde ja auch die amtliche Verlautbarung über die Einführung des Drahtfunks in Deutschland veröffentlicht[31]). Die hier schon beschriebene Vorführanlage[32]) zur Mehrfachausnutzung von Freileitungen und eine andere Anlage über die Mehrfachausnutzung einer Doppelader eines Fernsprechkabels (AEG) enthielten u. a. Drahtfunkgeräte. Die letztgenannte Anlage zeigte, wie man das Frequenzband von 20 Hz bis 50 kHz durch folgende Übertragungswege ausnutzen kann: 1. Ruf (0,02 kHz), 2. zwei Wechselstrom-Unterlagerungs-Telegraphiekanäle (0,1 und 0,2 kHz), 3. tonfrequente Sprechübertragung (0,3 bis 2,4 kHz), 4. drei Wechselstrom-Überlagerungs-Telegraphiekanäle (2,82; 3,06; 3,3 kHz), 5. Drahtfunk (15 bis 35 kHz), 6. zwei Kanäle für ein trägerfrequentes Gegengespräch über Mehrfach-Einzelkanal-System (40 bis 50 kHz).

Viel beachtet wurden die für den **L u f t s c h u t z** geschaffenen Signal- und Steueranlagen. Eine Fernsteuerzentrale für Luftschutzwarnung mit Großalarmgeräten (C. Lorenz) arbeitet mit Frequenzsteuerung über die Fernmeldeleitungen. Unter Benutzung des Starkstromnetzes arbeitet das Transkommando-System[33]) (AEG), das zwar auf der Messe in Verbindung mit Tarifzählern vorgeführt wurde, aber ebenso die Steuerung der Luftschutzsirenen, der Straßenbeleuchtung und überhaupt bestimmter Verbrauchergruppen übernehmen kann. Die Steuerbefehle werden durch kurzzeitige Unterbrechung (2 bis 4 Perioden) eines Leiters gegeben; auf der Empfangsseite befinden sich hochempfindliche Relais, die auf die Spannungssenkung sofort ansprechen. Ein Synchronmotor beginnt zu laufen, er läuft bis zu einem durch einen zweiten bzw. dritten Impuls gegebenen Zeitpunkt und bewirkt dabei bestimmte Schaltvorgänge. Der Sender kann 20, notfalls noch mehr Befehle geben, die sich aus zwei bis drei Impulsen verschiedener Zeitabstände zusammensetzen; die Relais nehmen nur die für sie bestimmten Impulse auf.

Wachsenden Ausstellungsraum beanspruchen die Signal- und Rufanlagen für Bürohäuser u. dgl.[34]), und das ist sehr zu begrüßen, denn mit derartigen Anlagen läßt sich viel wertvolle Arbeitszeit sparen, die sonst durch Suchen, Warten und Herumlaufen vertan wird. So ist die Chefrufanlage (S&H) eine wertvolle Ergänzung der Fernsprechanlage, indem sie es dem Chef gestattet, seine nächsten Mitarbeiter durch Tastendruck zu erreichen. Aus Lichtsignalen ersieht der Chef, ob der betreffende Mitarbeiter kommen wird oder ob er nicht am Platze oder nicht im Hause ist. — Es ist leider nicht möglich, aus der Fülle der Einzelgeräte zum Gebiet Fernmeldetechnik noch etwas herauszugreifen; einiges wurde bereits im zweiten Messeheft beschrieben[35]).

Meßtechnik.

DK 621.317

Da sich gemeinsame Richtlinien der Entwicklung in diesem Jahr weniger darboten, dafür aber zahlreiche Neuerungen vorhanden waren, beschränken wir uns auf die kurze Beschreibung neuer Geräte. — Auffallend klein sind neue Mavo-Instrumente (Gossen) für Gleich- und Wechselstrom mit sechs Strom- und fünf Spannungsmeßbereichen; Genauigkeit 1 % vom Skalenendwert. Die geringe Größe ist der Konstruktion eines besonders kleinen Umschalters zu verdanken. Weiter wurde noch ein spitzengelagertes Galvanometer gezeigt (Gossen) mit der hohen Empfindlichkeit $4 \cdot 18^{-8}$ A je Skalenteil, bestimmt für Kompensations- und Widerstandsmeßbrücken.

Zur Hochfrequenz-Wirkleistungsmessung bei etwa 5 bis 100 kHz ist ein thermisch arbeitendes Gerät geschaffen worden (S&H), das bei der Abstimmung und Wirkungsgradbestimmung von Sendern und Verstärkern gebraucht wird. Die Meßbereiche des Wattmeters werden durch aufsteckbare Stromwandler geändert. — Das Oberwellen-Meßgerät von S&H kann die vollständige Strom- oder Spannungswelle anzeigen (Effektivwert) oder aufzeichnen, ferner den Oberwellenrest ohne Grundwelle (daraus die Grundwelle durch Rechnung oder Nomogramm) und schließlich die Scheitelwerte der ungeraden Oberwellen von der 3. bis zur 15. Zur Bestimmung des Oberwellenrestes wird die Grundwelle durch ein Doppelsperrsieb zurückgehalten; die einzelnen Oberwellen werden unter Hinzunahme eines abstimmbaren Resonanzkreises ermittelt.

Erwähnt sei noch eine Universal-Kabelmeßschaltung (S&H) zur Kabelprüfung auf der Strecke (Widerstand, Isolation, Kapazität, Fehlerort). Hier wie auch bei dem Hochfrequenz-Leistungsmesser dient ein empfindliches Lichtmarkeninstrument als Anzeigeorgan. Interessant ist auch ein Störungsschreiber (S&H) mit sog. Mnemographen. Die Vorgänge während des Papieranlaufes gingen bisher verloren; sie werden vom Mnemographen ge-

---

31) ETZ 60 (1939) H. 14, S. 434.
32) ETZ 60 (1939) H. 10, S. 319.
33) Vgl. F. Krautwig, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 147.
34) Vgl. a. Kirstaedter, ETZ 60 (1939) H. 10, S. 295.
35) ETZ 60 (1939) H. 10, S. 319.

speichert und verzögert aufgezeichnet (Kettenleiter). Die Verzögerung beträgt bis 100 ms.

Bei Koch & Sterzel sah man eine selbstabgleichende Meßwandler-Prüfeinrichtung nach dem Differentialnullverfahren. Als Nullinstrument dient ein Verstärker, dessen Ausgangskreis unmittelbar den Abgleich der Brücke bewirkt, und zwar innerhalb etwa 1 s. Die Einrichtung vereinfacht und beschleunigt den Prüfbetrieb sehr. — Zur Überwachung der Dieselmotoren in Schnelltriebwagen war eine verbesserte Meßeinrichtung ausgestellt (H&B), die ständig im Wagen eingebaut bleibt. Die Drehzahlen werden durch schwingende Zungen angezeigt, die von einem auf der Motorwelle sitzenden Wechselstrominduktor erregt werden.

Daß Kathodenstrahl-Oszillographen ausgestellt waren, ist heute schon selbstverständlich. Neu war ein Sechsfach-Oszillograph mit 6 Einzelröhren, deren Bilder auf einen gemeinsamen Schirm projiziert werden (AEG).

Für die rasche Bestimmung von Dreh- und Schwingungszahlen wurde ein Handstroboskop entwickelt (Elektro-Mechanik List), bestehend aus einer Schlitzscheibe, im Handgriff eingebautem Kleinstmotor und Trockenbatterie. Der Motor hat Tirrill-Regelung, also sehr konstante Drehzahl. Der Gesamtmeßbereich reicht von 500 bis 32 000 U/min, wobei die Meßgenauigkeit von ± 1 % (eine Sonderausführung wird mit ± ½ % gebaut) sich nicht nur auf Skalenendwert, sondern auf den gesamten Bereich erstreckt.

Die Elektrotechnik auf der Leipziger Frühjahrsmesse außerhalb des HdE.

Von G. H. Winkler VDE, Berlin.

DK 621.3(061.4)

Dieser Bericht soll den vorangehenden Hauptbericht ergänzen, denn die Raumfrage, aber auch die Zuordnung der Elektrotechnik zu gewissen Anwendungsgebieten bringen es mit sich, daß auch außerhalb des HdE viel Interessantes zu sehen ist. Wir berichten also nachstehend über die wichtigsten Anwendungsgebiete: Antriebe, Wärme, Meßtechnik, und bringen zum Schluß noch einiges über Werkstoffe.

Einleitend sei noch bemerkt, daß die Elektroindustrie in ihrem Bestreben, möglichst weite Kreise für elektrotechnische Dinge zu interessieren und technisches Verständnis zu wecken, wieder sehr wirksam durch eine Sonderschau der AFE[1]) unterstützt wurde. Diese Sonderschau „Anwendung der Elektrizität im Haushalt und im Handwerk" fand sich in Halle 19, der Baumesse. Dort werden nicht nur die Baufachleute erfaßt, sondern auch alle baulustigen Besucher der Messe. Man zeigte Großküche, Lehrküche und Kinderküche, alle im Betrieb, und in entsprechenden Kojen eingebaut Wasch- und Bügelgerät, Kühlschränke, Leuchten und die sonstigen Haushaltgeräte. Guten Zuspruch fanden auch die Lichtberatungsstelle, ferner eine Werkzeugschau und die Glasschleiferei. Ein besonderer Stand sollte den Architekten anregen, in einer neuzeitlichen Wohnung auch die erforderliche Anzahl von Steckdosen vorzusehen.

Elektromaschinen, Antriebe und Werkzeuge.

DK 621.313 + 621.316.5 + 621.34

Seit Notstromanlagen in nennenswertem Maße gebaut werden, ist man ihnen auch auf der Messe begegnet, selbst in den Jahren schwerster wirtschaftlicher Depression. Sie haben schon länger einen recht hohen Stand der Betriebssicherheit und der Schnelligkeit des Einspringens erreicht, und doch ist es den SSW gemeinsam mit der MAN gelungen, einen beachtlichen Fortschritt für Dieselanlagen mit Druckluftanlauf zu erzielen. Bisher war man darauf angewiesen, das Druckluftanlaßventil durch eine Steuerbatterie zu betätigen, damit sofort nach Anspringen des Motors die Anlaßluft wieder abgeschaltet werden kann. Ferner benutzte man die Batterie, um gewisse betrieblich erwünschte Verzögerungen beim Einsatz bzw. bei der Außerbetriebnahme der Anlage über Zeitrelais zu bewerkstelligen. Ein neu entwickeltes Druckluftanlaßventil besitzt nun bereits eine einstellbare mechanische Verzögerung, die abläuft, sobald die Netzspannung ausbleibt, worauf der Anker des Netzüberwachungsorganes abfällt und ein Vorsteuerventil sich öffnet. Letzteres betätigt das Hauptanlaßventil, und nun erhält die Maschine Druckluft und springt an. Sobald der Dieselmotor die Zünddrehzahl überschritten hat, wird durch ein Fliehkraftorgan ein kleines Drucklufthilfsventil betätigt, welches das Hauptanlaßventil schließt. Der Maschinensatz wird nun in der gleichen Weise wie bisher auf das Netz geschaltet. Bei Rückkehr der Netzspannung wird durch diese selbst wieder mit einer einstellbaren Verzögerung die Anlage abgeschaltet. Kennzeichnend für die neue Anlage sind der Wegfall der Batterie und eine beachtliche Ersparnis an Druckluft, so daß mit einer Flasche mehr Selbstanläufe möglich sind als bisher.

Zur Frage der elektromotorischen Antriebe haben wir schon im vorangehenden Bericht einige allgemeine Gesichtspunkte angegeben. Im Vordergrunde steht heute fast weniger der Motor, als vielmehr das Schaltgerät, das man ja nicht nur der Lebensdauer der Werkzeugmaschine anpassen[2]), sondern auch in einer möglichst günstigen Weise ausgestalten und unterbringen will. In diesem Jahre fiel nun das allgemeine Bestreben auf, noch mehr als bisher den Anbau einzelner Schaltgeräte zu vermeiden, vielmehr alle Geräte in einem Schaltschrank zusammenzufassen, der bei nicht zu großen Abmessungen in die Maschine eingebaut werden kann. Diese Ausführung fand man beispielsweise an von BBC ausgerüsteten Antrieben derart, daß alle Apparate auf einem Eisenrahmen befestigt sind; auf übersichtliche Leitungsführung ist dabei großer Wert gelegt. Nach Abheben der abschraubbaren Frontplatte kann man die Geräte leicht überprüfen und etwaige Fehler schnell erkennen und beseitigen. Abb. 1 zeigt einen solchen Apparateschrank, in dem Luftschütze für zwei Stromkreise eingebaut sind. Jeder Stromkreis ist dreipolig mit Stotz-Automaten abgesichert, deren Betätigungsknöpfe freiliegen, so daß sie von außen bedienbar sind. Auf dem Bild ist ferner der Bedienungsgriff eines eingebauten Polumschalters zu erkennen. — In ähnlicher Hinsicht bemerkenswert waren die Antriebe zweier Druckpressen (BBC) für 2700 und 2000 t Druck. Die Drehstrommotoren sind oben angebaut und treiben die Pressen über Keilriemen an. Zur Steuerung dienen schwere, gut überlastbare Luftschütze, die mittels einer versenkt eingebauten Druckknopftafel bedient werden. Neu ist hierbei das Kenntlichmachen der Kommandos durch Glimmlampen, die Maschine ist also auch leicht zu bedienen, wenn die Hallenbeleuchtung wegen Luftschutzübung ausfällt. Neben den Druckknöpfen sind Steckdose und Drehschalter für eine Handlampe vorgesehen.

Die WEZET-Luftschütze[3]), die unter reichlicher Verwendung von Kunstharz-Preßstoffen und mit schraubenloser Strombrücke aufgebaut sind (Weyer & Zander), wurden bis zu 60 A erweitert und als neues Zubehör ein Überstrom-Zeitauslöser gebaut mit einer trägen Bimetall-

---

[1]) Arbeitsgemeinschaft zur Förderung der Elektrowirtschaft.

[2]) Hierzu finden sich grundsätzliche Ausführungen z. B. im Messeheft der Klöckner-Post (F. Klöckner K. G., Köln).

[3]) ETZ 58 (1937) S 247.

auslösung für die unteren Auslösewerte und einer Dehnungsbandauslösung für praktisch unverzögerte Abschaltung vom zehnfachen Nennstrom an. Die Firma hat außerdem für die Unterbringung von Widerständen ein raumsparendes System im Anklang an den Aufbau ihrer Schütze geschaffen, bei dem die Widerstandszylinder auf Stangen aufgereiht werden.

Zur einfachen Verlegung von Leitungen an Werkzeugmaschinen ist die Vofa-Schelle geeignet (Vorbrüggen & Co., Düsseldorf), die etwa die Form eines Ω hat. Bei Verlegung auf Blech wird die federnde Schelle mit ihren Schenkeln über die Leitung und durch eine Bohrung von 4 bis 6 mm Drm. gesteckt, in der sie sich festklemmt. Bei Wandstärken über 8 mm bohrt man ein 8 mm tiefes Loch (7,5 mm Dmr.), schlägt eine Einschlaghülse mit konischem Ende hinein und befestigt die Schelle wieder durch einfaches Einschieben.

Abb. 1. Einbau-Schalttafel für Werkzeugmaschine mit Druckknopf-Automaten und Polumschalter.

Ehe wir zu den Antrieben selbst übergehen, sei noch ein Versuch erwähnt, dem Wehnelt- bzw. Simon-Unterbrecher als Anlaßwiderstand zu neuem Leben zu verhelfen. Die „elektrolytische Widerstandszelle" (Elapp Singer & Co., Erfurt) besteht aus einem Gefäß mit Elektrolyt und einer oder mehreren dünnen keramischen Scheiben, die im Stromweg liegen und eine Reihe sehr feiner Löcher besitzen. Diese Scheiben begrenzen den Strom auf einen durch die Lochzahl gegebenen Höchstwert, denn bei Überschreitung des Grenzstromes tritt die bekannte Funkenerscheinung an den feinen Öffnungen auf, die ein weiteres Anwachsen des Stromes nicht zuläßt. Unterhalb der Grenze ist der Widerstand der Zelle klein und konstant.

Ein selteneres Verfahren der Drehzahlregelung, das bisher auf ganz große Maschinen beschränkt blieb, sah man an einer kleineren Rotations-Tiefdruckmaschine. Man wünscht zum Einziehen des Papiers eine recht geringe, zum Druck aber eine hohe Geschwindigkeit, deshalb wird der Antriebsmotor, ein Drehstrom-Nebenschlußmotor, zum Einziehen mit einer Frequenz von 1 bis 2 Hz gespeist, die man einem Periodenumformer entnimmt (SSW). Die Einziehgeschwindigkeit ist dann nur $^1/_{30}$ der Normalgeschwindigkeit. Bei Gleichstromantrieben geht man ähnlich vor, indem man einen Hilfsspannungssatz zur Spannungsänderung benutzt.

Schon vor zwei Jahren hatten wir einen Presseantrieb mit Drehstrom-Käfigläufermotor erwähnt[4]). Der Motor muß in diesem Falle durch Einbau zusätzlichen Widerstandes in den Läufer eine Schlupfcharakteristik bekommen, damit er bei Belastungsstößen gemeinsam mit dem Schwungrad in der Drehzahl nachgeben kann. Daß man überhaupt besondere Vorkehrungen trifft, um den Käfigläufer verwenden zu können, ist natürlich dessen großer Betriebssicherheit zuzuschreiben. Das Sachsenwerk zeigte derartige Antriebe für mechanische und hydraulische Pressen, die z. B. in größerer Zahl für das Volkswagenwerk geliefert werden. Verlangt man außerdem — etwa bei Tiefziehpressen — noch Drehzahlregelung, so wird ein polumschaltbarer Motor gewählt. Rasches und stoßfreies Anlaufen wird durch eine Sonderanlaßschaltung ermöglicht, die eine Gemischtschaltung ist ($^2/_3$ Stern- und $^1/_3$ Dreieckschaltung der Phasen im Motor). — Der früher beschriebene[4]) Antrieb von Reibrollen-Spindelpressen mit Kurzschlußläufer-Sondermotor (BBC) war in gewisser Beziehung neugestaltet. Während früher die Kennlinie des Motors beim Anpressen der Reibrollen einen großen Drehzahlabfall zur Schonung der Rollen bewirkte (die Motoren liefen durch), setzt man nunmehr zur Erreichung einer noch kleineren Rollenabnutzung den Motor nach jedem Hub still. Die Rolle für Stößelabwärtsgang, die am stärksten beansprucht wird, kann daher im Stillstand an das Schwungrad angepreßt werden. Diese Arbeitsweise erforderte eine Bemessung des Motors für 1000 und mehr Schaltungen in der Stunde.

Im Vorjahr waren erstmalig die elektrisch gesteuerten Kopierfräsmaschinen auf der Messe erschienen. Man sah sie dies Jahr in größerer Zahl; als neue Ausführung greifen wir eine Kopierdrehbank mit Eltas-Fühlersteuerung (AEG) heraus, mit der man das Werkstück von außen und innen nach Schablone bzw. Modell bearbeiten kann[5]). Auch eine große Fräsmaschine zum Ausfräsen von Lokomotivrahmen war mit dieser Steuerung ausgerüstet. Die schon früher gezeigte photoelektrische Kopierfräs-Steuerung[6]) (BBC) ist weiterentwickelt worden, so daß gute Aussichten für die praktische Anwendung dieses Verfahrens bestehen, mit dem nach einer Zeichnung gefräst werden kann.

Die in den Fühlersteuerungen der AEG benutzte Eltas-Lehre hat sich ein weiteres aussichtsreiches Gebiet erschlossen: das der Sortiermaschinen. So sah man eine vollselbsttätige Sortierlehre für Rollenlager-Rollen im Betrieb, welche die mit verhältnismäßig großer Toleranz gefertigten Rollen in den Grenzen von 2 μ in 7 Stufen einordnete. Die Rollen werden der Lehre selbsttätig zugeführt; das Ergebnis der von der Lehre vorgenommenen Messung wählt ein Relais aus, das einen von 7 Kanälen freigibt, durch den die Rolle in einen Sammelbehälter fällt. Die Sortierleistung beträgt 3000 Rollen in der Stunde!

Elektrische Öfen.

DK 621.365

Das Gebiet Elektrowärme war einer der Kernpunkte der Messe, deshalb ist das Gebiet auch bereits ausführlich in den Messeheften der ETZ behandelt worden[7]), und wir dürfen uns hier kürzer fassen. Alles in allem richtet sich das Bestreben nach Ausdehnung der Elektrowärmeanwendung auf bisher noch wenig genutzte Gebiete, wie es etwa die Behandlung von Keramik und Glas ist, ferner auf Verbesserung des Ofenbaues und erhöhte Anpassung an den erstrebten Sonderzweck; darüber hinaus sahen wir einzelne Neukonstruktionen, die nachstehend noch erwähnt werden.

Der offenbar zukunftsreiche Graphitstab-Schmelzofen[8]) (Otto Junker) wurde erstmals als Drehstromofen mit drei an der Decke angebrachten Graphitheizstäben gezeigt. Der Ofen (Abb. 2) faßt bis 1000 kg Stahl, Anschlußwert rd. 500 kW. Die Stäbe sind einzeln an einen Stufentransformator angeschlossen. Der Ofen ist als Herdwannenofen mit hydraulischer Kippvorrichtung gebaut. Besonders wichtig erscheint dieser Ofentyp für die Abfallverwertung, da man mit ihm aus allen möglichen

4) ETZ 58 (1937) S. 400; 59 (1938) S. 416.

5) Auf der Messe war hierzu ein neues Buch ausgelegt: W. Schmid und F. Olk, Fühlergesteuerte Maschinen. Verlag W. Girardet, Essen.
6) ETZ 59 (1938) S. 417.
7) Vgl. S. 475 dieses Heftes, Fußnote 23.
8) Vgl. ETZ 59 (1938) S. 1046.

Abfällen ohne Veränderung der Legierungsbestandteile brauchbare Stücke gießen kann. Natürlich gewährleistet der Ofen ohne weiteres gleichmäßige Belastung des Netzes. Die allgemeine Wichtigkeit dieser Frage ist bekannt, und in vielen Fällen läßt sich der einphasige

Abb. 2. Graphitstabofen für Drehstromanschluß.

Anschluß nicht umgehen, so daß eine Symmetriervorrichtung angebracht erscheint, wie sie von der AEG gebaut wird. Die AEG führte ihre Einrichtung an einem einphasig angeschlossenen Ölbad vor; an drei Stromzeigern wurde die Aufnahme aus dem Drehstromnetz abwechselnd bei ein- und ausgeschalteter Symmetriereinrichtung gezeigt. Die Symmetrierung erfolgt durch den Anschluß ruhender Ausgleichkreise, die entweder aus Kondensatoren allein oder aus Kondensatoren und Drosselspulen bestehen[9]). Da größere Einphasenlasten, wie sie in Industrieanlagen auftreten, im allgemeinen einen schlechten $\cos\varphi$ besitzen, gelingt es durch geeignete Wahl der Größe der kapazitiven und induktiven Ausgleichleistung, jeden gewünschten Leistungsfaktor im speisenden Drehstromnetz zu erzielen. Die insgesamt erforderliche Ausgleichblindleistung entspricht der Leistung der Einphasenlast.

Im allgemeinen beherrschten auch in diesem Jahre die Öfen für Leichtmetallbehandlung das Bild der Halle 21, in der elektrische Öfen vorwiegend gezeigt werden. Einige neuere Ausführungen von Leichtmetall- und Stahlöfen seien noch beschrieben. Einen Umluftmuldenofen zum Vergüten von Gußkleinteilen zeigte die Russ-Elektroofen KG. In den abfahrbaren Deckel sind zwei Lüfter eingebaut, welche die Luft an den seitlich angebrachten Heizwiderständen vorbei und dann durch das Glühgut drücken. Dabei werden Temperaturgleichmäßigkeiten im Ofenraum bis $\pm 2°$ erzielt. Die Deckelabfahrvorrichtung macht es möglich, das Gut praktisch mit der Vergütungstemperatur abzuschrecken. Derartige Öfen sind bereits bis zu 4 m Dmr. und 8 m Tiefe hergestellt worden. — Der von SSW und Durferrit entwickelte Elektroden-Salzbadofen wurde in Einzelheiten verbessert. Der Elektrodenraum dieses Ofens ist vom Arbeitsraum durch ein mit der Wanne leitend verbundenes Schutzgitter getrennt,

Abb. 3. Wandplatte und Heizleiteraufhängung für Ganzstrahlheizung.

so daß der Arbeitsraum stromlinienfrei ist. Er kann daher, ohne Überhitzung befürchten zu müssen, beliebig weit ausgenutzt werden.

Max Uhlendorff hatte u. a. Härteöfen ausgestellt, und zwar für feinschneidige Schnellstahlwerkzeuge ein mit verbesserter Zündvorrichtung ausgestattetes Härte-Elektroden-Salzbad (bis 1350°) mit Einrichtung zur selbsttätigen Entleerung sowie einen Kammerofen zum Vorwärmen (bis 1000°) der Werkzeuge. Für einfache Schnellstahlwerkzeuge war ein Doppelkammerofen vorhanden: Vorwärmkammer und Härtekammer sind in einem Gehäuse vereinigt.

Als Aufbauelement für Leichtmetall- und Keramiköfen ist ein neuer Isolierstein auf keramischer Grundlage entstanden (G. Siebert), der sehr leicht ist — spezifisches Gewicht 0,5 — und dabei doch so fest, daß man Gewinde einschneiden kann. Die Heizleiter werden auf eingeschraubte Haken gehängt (Abb. 3), sie berühren an keiner Stelle das Mauerwerk und können allseitig frei abstrahlen (Ganzstrahlheizung). Die gleiche Firma baut elektrisch beheizte Holztrockner mit Luftumwälzung, die auch für kleine Betriebe gut geeignet sind. Während man bei den Dampftrokkenkammern auf etwa 90° beschränkt ist, arbeitet die Elektrotrockenkammer mit 100 bis 130°. Der Stromverbrauch liegt je nach Holzart bei 30 % Anfangsfeuchtigkeit zwischen 120 und 250 kWh je Festmeter; Trockenzeit 18 bis 60 Std.

Abb. 4. Heizkopf einer Hochfrequenz-Härteanlage.

Schließlich müssen wir noch eine neuartige Hochfrequenz-Härteanlage zum Härten von Kurbelwellenzapfen erwähnen, die gemeinsam von AEG und Dt. Edelstahlwerke AG. entwickelt wurde[10]). Die um den Wellenzapfen gelegte Induktionsspule besteht aus einer einzigen, aufklappbaren Windung, Heizkopf genannt (Abb. 4). Der Heizkopf wird um den Wellenzapfen geschlossen und 4 s lang mit Hochfrequenz von 3000 Hz beschickt. Die Hochfrequenz erzeugt ein 100 kVA-Einphasengenerator mit 450 bis 600 V; statt der Erreger-

[9]) Vgl. Aigner ETZ 57 (1936) S. 971 u. 997.

[10]) Vgl. a. AEG-Mitt. (1939) H. 3, S. 145.

maschine wird eine gittergesteuerte Röhrenstoßerregung benutzt. Nach den 4 s Heizung wird der Zapfen 8 s lang mit Wasser bespritzt, das aus Düsen des Heizkopfes strömt. Der Betrieb der Härteanlage verläuft weitgehend selbsttätig, und zwar wird gleichzeitig in zwei Stationen gearbeitet, deren eine härtet, während in der anderen abgespritzt wird; man kann in 1 Std. 40 Kurbelwellen mit je acht Zapfen härten, wofür nur ein Bedienungsmann erforderlich ist. Die Vorteile des Härtens mit Hochfrequenz liegen einmal in der Schnelligkeit, dann in genauer Einhaltung des günstigsten zeitlichen und temperaturmäßigen Verlaufs der Härtung, unabhängig von besonderer Erfahrung der Bedienung. Durch Wahl der Frequenz kann die Härtetiefe bestimmt werden.

Schweißmaschinen.

DK 621.367 : 621.791.735/.736

Schweißmaschinen und -geräte waren sehr reichhaltig vertreten, und die Entwicklung ist noch im Fluß. Zwar haben sich bereits bestimmte Bauarten eingeführt, die sich bewährt haben und nur noch in Einzelheiten verbessert werden, doch finden sich immer wieder noch Neuerungen größeren Ausmaßes und auch Neukonstruktionen für bestimmte Sonderzwecke. Wir besprechen zuerst einige Abbrenn-Stumpfschweißmaschinen, sodann die Punktschweißer und schließlich Lichtbogen-Schweißgeräte.

Abb. 5. Stumpfschweißmaschine für Großoberflächenquerschnitte.

Beginnen wir mit einem A b s c h m e l z a u t o m a t e n der Wewag, die vorwiegend Maschinen für den Fahrzeugbau herstellt. Die Maschine (Abb. 5) dient zum selbsttätigen Stumpfschweißen von Großoberflächenquerschnitten, also Blechen, Radbandagen, Wagenfelgen u. dgl. Die Bleche können bis 8 mm stark und bis 400 mm breit sein. Bei 1000 mm² können 420 Schweißungen in der Stunde erreicht werden. Bemerkenswert ist, daß der Schweißvorgang nach einer eingesetzten Vorschubkurve gesteuert wird; ein Vorwärmen ist bei diesen Querschnitten nicht erforderlich. Leistung der Maschine 350 kVA. Eine neue vollselbsttätige Stumpf-Abbrennschweißmaschine zeigte SSW. Vorwärmen und Abbrennen werden motorisch gesteuert; Einspannen und Stauchen geschehen hydraulisch, und zwar ist die vorteilhaftere Form der waagerechten Spannbackenführung gewählt. Die Maschine hat 200 kVA und schweißt Querschnitte bis 8000 mm². — Auch die AEG zeigte eine selbsttätige Stumpfschweißmaschine als Standardmaschine für Schienenschweißung (bis 10 000 mm², Querschnittsverhältnis bis 1 : 10). Mit dieser Maschine werden also z. B. in der Werkstatt Eisenbahnschienen zusammengeschweißt und abgefahrene Schienen ausgebessert; natürlich lassen sich auch andere Voll- und Profilquerschnitte verarbeiten.

Die P u n k t s c h w e i ß m a s c h i n e n verdanken ihre starke Entwicklung vorwiegend der gesteigerten Leichtmetallverwendung. Ausgangspunkt war der fußgesteuerte Punktschweißer, und die Steuerung mußte in erster Linie für die Leichtmetallverarbeitung geändert werden. Heute gibt es mechanische und Röhren-Schweißzeitschalter, ferner die Schaltung mit gittergesteuerten Stromrichtern und neuerdings eine Kaskadenschaltung. Auch an diesen neuzeitlichen Maschinen müssen aber die Schweißdaten sorgfältig gewählt werden, die Schweißzeit muß kurz, der Strom stark sein, denn man kann Leichtmetalle auch mit kleiner Leistung so schweißen, daß bei der Biege-Zug-Probe von Hand der Schweißpunkt ausreißt, aber noch lange nicht die Gewähr hoher Festigkeit gegeben ist, über die nur ein Zerreißversuch Auskunft geben kann. Die eben erwähnte Kaskadensteuerung erschien als Neuheit auf der Messe (AEG). Die Kaskade ist ein durch einen Motor angetriebener Doppelmaschinensatz, der einzelne Spannungsstöße erzeugt, zwischen denen sich vollkommen spannungslose Pausen befinden. Mit Hilfe von starr mit dem Maschinensatz gekuppelten mechanischen Schaltern ist es möglich, in den spannungslosen Pausen der Maschinen die Hauptleitung leistungslos nach Belieben ein- bzw. auszuschalten, woraus sich eine Einstellung von Schweißzeit und Schweißpause bei Nahtschweißung ergibt. Mittels eines stufenlosen Getriebes ist die Umdrehungszahl der Kaskadensteuerung zwischen 100 und 1000 U/min einstellbar, entsprechend 15 bis 1 Per. Schweißzeit. Der Kraftbedarf für den Antrieb beträgt etwa 5 kW. Diese Leistung wird gebraucht, wenn die Schweißmaschine aus dem Netz eine Leistung von 300 bis 400 kVA aufnimmt. Auch Punktschweißungen lassen sich durchführen; bei ihnen wird die nächste auf das Einschalten der Maschine folgende Nullzeit zum Einschalten der Steuerung benutzt, die dann, wenn der folgende Stromstoß durch die Maschine geflossen ist, in der darauffolgenden Nullzeit wieder abschaltet. Da ein Anschneiden von Halbwellen und damit eine stufenlose Feinregelung des Stromes bei der Kaskadensteuerung nicht möglich ist, muß die Feinregelung auf andere Weise erzielt werden. Der einfachste Weg ist die Regelung des Schweißtransformators in sehr vielen Stufen, im vorliegenden Falle insgesamt 100. Die Kaskadensteuerung empfiehlt sich als besonders robust für rauhe Betriebe und zumal dort, wo es an elektrotechnisch geschultem Personal fehlt.

Ein fahrbares Einheitsgerät für Punkt- und Lichtbogenschweißen sah man bei Keller & Knappich. Das Gerät enthält einen Transformator mit zwei Anzapfungen; Leistungsbereich für Punktschweißen 20 kVA, 6 mm Gesamtblechstärke, für Lichtbogenschweißen 40 bis 200 A, bis 5 mm-Elektroden. Für die Punktschweißung ist ein selbsttätiger Schweißregler eingebaut. Die Firma zeigte weiter eine neue Punktzange mit Druckluftbetätigung bis zu 150 Punkten/min sowie eine preßluftbetätigte Punktschweißmaschine mit in den Fuß eingebautem Kompressor.

Hugo Miebach hatte u. a. eine Schnellpunkt-Schweißmaschine für Punktzahlen von 20 bis 270/min ausgestellt. Derartige Maschinen benutzt man zum Herstellen von Steppnähten, wenn beispielsweise im Karosseriebau ein Verziehen durch Wärmespannungen streng vermieden werden muß. Die obere Elektrode wird durch einen Elektromotor über ein Getriebe auf- und abbewegt; Steuerung der Motorkupplung elektromagnetisch durch Fußkontakt. Miebach baut ferner ein Zusatzgerät für beliebige fußbetätigte Punktmaschinen, welches zur Ersparnis menschlicher Arbeitskraft die Fußbetätigung durch eine Fußkontaktbedienung ersetzt.

Wir wollen nun noch einige Sonderausführungen erwähnen, z. B. eine Nahtschweißmaschine (Wewag) zum Schweißen verbleiter Benzintanks, deren Bleischicht möglichst wenig beschädigt werden darf. Bei der Maschine sind beide Rollen angetrieben, und man kann Eckradien

bis herab zu 30 mm schweißen. Etwa an den Rollen haftendes Blei wird durch Abstreifer entfernt. — Paul Knopp hatte u. a. eine Schritt-Nahtschweißmaschine ausgestellt mit synchroner Stromrichtersteuerung. Die Maschine läuft mit 12,5 Schritten in der Sekunde; die Schweißstromstöße dauern 1 bis 2 Per. Man kann beim Schweißen dichter Nähte eine Geschwindigkeit von 2,25 m/min erreichen. Die Buckelschweißmaschinen von Paul Knopp waren schon früher[11]) wegen ihrer sorgfältigen Sicherungsvorkehrungen für die Bedienung erwähnt worden, die man noch weiter verbessert hat. Die Maschinen fallen weiter durch ihre gute Ausstattung mit Meßgeräten auf. Sie arbeiten bis zu Schweißzeiten von 6 Per. mit Röhren-Schweißzeitbegrenzer, für kürzere Zeiten mit Stromrichtersteuerung.

Für die Lichtbogenschweißung liegen fertige Typenreihen für alle Zwecke vor, z. B. bei den SSW. Die Umformer sind nach den Schweißdrahtdurchmessern gestaffelt. Neu ist in der Reihe eine Maschine für blanke 4 mm-Elektroden; sie ist besonders für den Handwerker geeignet, für dessen Bedürfnisse die SSW einen besonderen Stand eingerichtet hatten. Der größte Umformer der Reihe hat einen Motor und zwei Generatoren auf einer Welle für zwei Schweißstellen bis je 250 A, 25 V. Einen Mehrstellen-Schweißsatz mit Doppelgenerator hatten auch Messer & Co. ausgestellt; neuerdings bauen sie sogar eine Ausführung für vier Schweißstellen. Im Freigelände zeigte die Firma einen Dieselschweißsatz, bei dem der Schweißstrom durch Drehzahlverstellung des Diesels eingeregelt wird. Infolgedessen arbeitet der Diesel nicht stets mit voller Drehzahl, seine Lebensdauer wird größer, der Brennstoffverbrauch geringer. Die Generatoren von Messer sind Streufeldgeneratoren, bei denen im Kurzschluß (Tropfenübergang) das Magnetfeld nur abgedrängt wird; es ist daher nach dem Ende des Kurzschlusses sofort wieder da, ebenso die Spannung.

An dem Schweißautomaten von Kjellberg mit drei Schweißköpfen ist als zweckmäßige Neuerung zu vermerken, daß der Kopf beim Schweißen eine Pendelbewegung ausführt, damit die Naht in ihrer ganzen Breite gut ausgefüllt wird. — Der mit Kohlelichtbogen arbeitende Rohrwalz- und Schweißautomat der Elin ist bereits beschrieben worden[12]). Die Bedienung beschränkt sich auf das rechtzeitige Aufbringen des Bandeisens auf die Haspel und die Verschweißung des Endstückes der einen Haspel mit dem Anfang der folgenden.

Die Vereinigte Aluminium-Werke AG. hatte eine Lehrschau für die Schweißung von Aluminium-Guß- und -Walzmaterial eingerichtet. Auf die Aluminiumschweißung dürfen natürlich die Erfahrungen an Stahl nicht einfach übertragen werden. Man hat besonders bei Kehlnähten gute Erfolge mit dem Lichtbogenschweißen erzielt und es z. B. im Behälterbau, beim Bau von Großraumwagen und bei Reparaturen von Gußteilen angewandt. Die Elektroden (etwa 3 bis 12 mm) müssen jeweils passend zum vorliegenden Werkstoff gewählt werden, dessen Legierungsart also bekannt sein muß. Bleche müssen stärker als 1,5 mm sein, wenn man sie mit dem Lichtbogen schweißen will, da sonst ein Durchbrennen kaum vermeidbar ist. Je nach Form der Naht und Stärke des Werkstückes ist u. U. ein Vorwärmen auf 150 bis 250° nötig. Auch Guß läßt sich gut schweißen, und zwar ohne Vorwärmen, und die Gußschweißung hat sich namentlich für Reparaturen schon gut eingeführt.

Meß- und Prüfgeräte.

Außerhalb des HdE findet man, über alle Hallen verstreut, vorwiegend Meßgeräte für die Messung nichtelektrischer Größen. Sie werden hier erwähnt, soweit es sich um Neuerungen handelt und soweit ein elektrisches Meßverfahren zugrunde liegt. Beginnen wir mit einem neuen Schreiber für 1 bis 6 Meßstellen, der besonders klein gebaut ist (W. H. Joens & Co.). Der Registrierstreifen ist ganz nach vorn gerückt; die Farbbänder gehen nach der Aufzeichnung zurück, so daß man auch den letzten Punkt gut sehen kann. Die Punktstärke läßt sich einstellen (Ausgleich zwischen neuen und alten Farbbändern); in die Skala ist ein Meßstellenanzeiger eingebaut. Joens zeigte ferner ein Gerät, das Regler und Schreiber in sich vereinigt. Es entspricht besonders den Bedürfnissen der Elektroofenbauer, die nun für die Temperaturregelung und -aufzeichnung nur ein Gerät vorzusehen brauchen; Schreib- und Meßwerk arbeiten unabhängig voneinander, es sind zwei Meßsysteme vorhanden. Erwähnt sei noch, daß sämtliche Geräte der Firma Joens Preßstoffgehäuse haben. — Wegen seiner weiten Verwendbarkeit sei hier kurz der Spannungssucher von H. Onken erwähnt, der ohne Glimmlampe arbeitet und die Spannung durch ein Klopfgeräusch sowie durch Abreißfunken anzeigt, die man durch Schaulöcher sieht.

Sehr gedrängt gebaut und leicht transportabel ist der sogenannte Fahrzeugoszillograph mit sechs Schleifen (Askania-Werke mit Dr.-Ing. Hans Rumpff), der wegen seiner Unempfindlichkeit gegen Erschütterungen für Messungen in Fahr- und Flugzeugen gut geeignet ist. Die Meßschleifen haben eine Eigenfrequenz von etwa 2000 Hz. Das Schleifengehäuse und die Optik sind mit Rücksicht auf die Erschütterungen besonders starr miteinander verbunden. Den Papiertransport besorgt ein 24 V-Motor. Ein weiteres interessantes Meßgerät zur Erfassung von Schwingungen ist der von Askania gebaute Kohledruck-Beschleunigungsmesser, der Frequenzen bis 1000 Hz mißt und leicht an den schwingenden Maschinen- oder Gebäudeteil angebaut werden kann. — Mit Kohle als druckempfindlichem Meßglied arbeitet auch die Kohledruckmeßdose von Dr.-Ing. Hans Rumpff, die vorwiegend zur Messung hoher Drücke über 1 at bis zu mehreren tausend Atmosphären bestimmt ist. Die Meßdose liegt in einer Differentialbrückenschaltung mit einem 4 V-Akkumulator als Stromquelle. Zur Anzeige benutzt man ein Milliamperemeter oder einen Schleifenoszillographen. Da die Eigenschwingung des Meßelementes bei etwa 50 000 Hz liegt, können praktisch alle Druckänderungen und mechanischen Schwingungen richtig erfaßt werden.

Abb. 6. Schema der Drehmoment-Meßnabe.

Ein neuer Universal-Drehzahlmesser mit dem Meßbereich 40 bis 50 000 U/min ist als Wirbelstrom-Handtachometer gebaut (Deuta-Werke). Das Gerät hat nur eine Skala, und als Faktoren für die drei Meßbereiche Potenzen von zehn. Die Anzeige läßt sich durch Druck auf einen Knopf festhalten, damit auch an schwer zugänglichen Stellen sicher abgelesen werden kann. Die Genauigkeit ist 0,5 % vom Endwert der jeweiligen Stufe.

Für die Messung von Drehmomenten war eine gemeinsam von BBC und Dr.-Ing. Hans Heymann entwickelte Meßnabe ausgestellt. Die Meßnabe besitzt zwei Kupplungsflansche, mit denen sie in die Wellenleitung eingefügt wird, und einen Nabenkörper, der das zu mes-

[11]) ETZ 59 (1938) S. 244.
[12]) ETZ 60 (1939) H. 9, S. 285.

sende Drehmoment überträgt, und dessen Torsion auf elektrischem Wege gemessen wird. Mit den Enden der Meßnabe sind einerseits eine Erregerspule, anderseits vier Meßspulen verbunden; durch diese Teile werden je zwei Luftspaltpaare gebildet, die sich unter Einwirkung des Drehmoments entgegengesetzt ändern, so daß die Summe der Luftspalte konstant bleibt (Abb. 6). Über jeden Luftspalt schließt sich ein Magnetfluß, der die Spannung in der Meßspule bestimmt und von der Größe des Luftspaltes abhängt. Die Einrichtung ist so abgeglichen, daß beim Drehmoment Null die Spannungen der gegeneinandergeschalteten Meßspulen sich aufheben. Die Meßgenauigkeit läßt sich mit ± 2 % vom Istwert angeben.

Zum Abfüllen bestimmter, vorher einstellbarer Flüssigkeitsmengen hat S&H eine elektrische Vorrichtung gebaut, die es ermöglicht, das Einstellen in beliebiger Entfernung von der Absperrstelle der Leitung vorzunehmen. Ausgestellt war die Anwendung auf einen keramischen Trommelzähler für Säure, und zwar mit einem säurefesten Kontaktwerk: In die tassenartige Erweiterung der Achse, in die das mechanisch arbeitende, glasgekapselte Zählwerk eingebaut ist, sind drei Eisenstücke eingelassen. Diese bewegen sich bei den Umdrehungen der Trommel an einem magnetischen Eisenkern vorbei, der zusammen mit einem Quecksilber-Kippschalter in ein keramisches Gehäuse eingesetzt ist. Jedesmal, wenn das Eisenstück in die Nähe des Magneten kommt, sendet der Kippschalter einen Stromstoß in die angeschlossene Leitung. Diese Stromstöße gelangen in

Abb. 7. Bolometer-Meßlehre.

das Schrittschaltwerk eines Fernzählwerks und bewegen hier einen Zeiger. Mit einem zweiten Zeiger wurde vorher die abzufüllende Menge eingestellt. Sobald der Sollzeiger und der Istzeiger sich decken, geht ein Stromstoß zu dem Schnellschlußventil der Rohrleitung und sperrt sie.

Eine bolometrische Meßlehre (S&H) arbeitet nach dem Prinzip des Düsenbolometers. Anstatt einer elektrischen Auslenkung wird eine mechanische Größenänderung unmittelbar auf ein Drehspulmeßwerk übertragen, an dessen Zeiger die Bolometerfahne angebracht ist. Eine Kompensationsschaltung ermöglicht sichere Nullpunkteinstellung und kurzes Einstellmoment. Die Meßlehre besteht aus einem Taster und einem Schaltkasten mit 270°-Anzeigeinstrument (Abb. 7), das Ablesungen von 1 bis 150 μ gestattet. Auch Tintenschreiber können benutzt werden.

Carl Zeiss zeigte eine neue Meßlehre „Elotest", die z. B. in der Serienfertigung verwendet werden kann. Die Lehre besteht im wesentlichen aus einem Fühlhebel und einem Motor mit zwei gegenläufig rotierenden Läufern. Der Fühlstift betätigt einen Kontakt, der die eine oder andere Drehbewegung überwiegen läßt; der Motor betätigt außerdem einen Schreibstift. Die Ablesung beträgt 1 μ bei einem Meßbereich von ± 35 μ; Betriebsspannung 220 V.

Neuzeitliche Kesselanlagen werden bekanntlich von elektrischen Schalttafeln aus überwacht und oft auch gesteuert[13]). Eine Überwachungstafel für einen handgeregelten Hochdruckkessel mit Mühlenfeuerung und drei Kohlemühlen hatte die AEG ausgestellt. Die Motoren der Mühlen und der Saugzug-, Frischluft- und Heißgasventilatoren werden von der Tafel aus ferngesteuert, ebenso die Antriebe der Kohlezuteilung. Für die Überwachung dieser wichtigen Antriebe sind schreibende Leistungsmesser vorhanden. Ein Außenfeld der Tafel erhält für jede Mühle eine Warneinrichtung zur optischen und akustischen Anzeige von Temperaturüberschreitungen an den Mühlengehäusen. Im unteren Teil der Frontplatte ist Raum für die mechanischen Antriebe der Klappen und Motorenregler. Die drei Mittelfelder enthalten, nach Meßwerten (Druck, Temperatur und Menge) zusammengefaßt, die für die Kesselführung erforderlichen Anzeigegeräte, und zwar mit elektrischer Fernübertragung. Weiter sind Zug- und Feindruckmeßgeräte vorhanden, Temperaturmesser und Schreibgeräte für Rauchgasanalyse sowie ein elektrischer Dampfmengenzähler.

Gut vertreten waren wieder *Röntgenanlagen* für technische und wissenschaftliche Zwecke. Bei Rich. Seifert & Co. fand sich ein Durchleuchtungspult zum Untersuchen von Leichtmetallteilen. Außenliegende Bedienungsgriffe ermöglichen die beliebige Verlagerung des Prüfstückes, das auf einem Rolltisch liegt oder in einer Zange gehalten wird. Eine Markierungseinrichtung gestattet es, als fehlerhaft erkannte Stellen zu kennzeichnen. Zur Beobachtung vergrößerter Bilder war ein Feinfokus-Arbeitsplatz ausgestellt, der bis zehnfache lineare Vergrößerung erlaubt. Als Sonderausführung sei noch ein Lagerschalenprüfgerät erwähnt. — Für Massensichtkontrolle an zwei Arbeitsplätzen hatte C. H. F. Müller eine Feinfokusröhre mit zwei Strahlkegeln ausgestellt; die beiden Werkstücke (meist Leichtmetallteile) lassen sich auch hier bequem von außen bewegen. Interessant war auch ein Gerät (C. H. F. Müller) zur Messung elastischer Spannungen im Werkstoff (nach *Glocker*). Hier wird die Feinstruktur der Oberfläche untersucht, und aus dem Abstand der Linien gegenüber Normallinien kann man elastische Spannungen feststellen und messen.

Werkstoffe.

DK 620.2

Zum Schluß dieses Berichtes sei noch einiges über neuere Werkstoffe gesagt. Hochwertige *Dauermagnetstähle*, z. B. auf der Grundlage Eisen-Nickel-Aluminium (Krupp), werden in zunehmendem Ausmaß verwendet. Da man diese Stähle auch mit Weicheisen verschweißen kann, ergeben sich neue Konstruktionsmöglichkeiten. Für besonders hochwertige Meßinstrumente hat Krupp die Gußlegierung P 367 entwickelt mit einer auf der Messe an Schwebemagneten demonstrierten Leistungssteigerung von 30 bis 40 %. Auch die magnetisch weichen Legierungen erweitern ihren Anwendungsbereich: So konnte bei einem Spannungsregler von Julius Pintsch die Regelgenauigkeit durch Verwendung von Hyperm auf ± 0,5 % herabgesetzt werden, während sie bei gewöhnlichem Transformatorenblech ± 1,5 % beträgt. Ringkerne für Wandler konnten im Gewicht von 1675 g auf 24 g herabgesetzt werden durch Verwendung von Hyperm 702 an Stelle von Hyperm 4; allerdings ist diese Legierung kostspielig, und für normale Zwecke wird man bei den anderen Hypermsorten bleiben.

Kreidler's Metall- u. Drahtwerke hatten *Stromschienen* aus *Magnesium* (99,9 %) ausgestellt. Vorteilhaft ist die gegenüber Aluminium um 30 % höhere

[13]) Vgl. a. ETZ 60 (1939) H. 10, S. 326.

Festigkeit und die gute Schweißbarkeit dieser Schienen. — Zunehmend wurden überall auch Verbundmetalle verwendet. Für den Elektrotechniker ist wohl Cupal das wichtigste (Verein. Silberhammerwerke Hetzel & Co.). Die Verbindung zwischen dem Aluminium und dem aufgeschweißten Elektrolytkupfer ist so innig, daß man das Verbundmetall ohne Gefahr bördeln und tiefziehen kann. Künstlerische Treibarbeiten zeigten z. B., wie weit diese Verformung gehen kann. Ein weiteres beachtenswertes Bimetall ist das aluminiumplattierte Stahlblech (Rasselsteiner Eisenwerksges.). Auch der Oberflächenschutz von Stahl durch aufgespritztes oder nach anderen Verfahren[14]) aufgebrachtes Aluminium hat sich bewährt. —

Unser Überblick, der mit Rücksicht auf den verfügbaren Raum noch auf manches verzichten mußte, ist damit zu Ende. Die Aussteller dürfen mit ihrer Entwicklungsarbeit zufrieden sein, und der sehr gute Geschäftsgang, der diesmal bis in die letzten Messetage anhielt, war die beste Bestätigung für die hohen Leistungen unserer Elektrotechnik.

[14]) Vgl. H. Hoff, Stahl u. Eisen 58 (1938) S. 565.

VDE-Messe-Kurztagung „Zeitgemäße Installation".

DK 621.315/.316

Übersicht. Ein ausführlicher Bericht wird über die einzelnen Vorträge gegeben, die auf der diesjährigen Messekurztagung des VDE gehalten wurden.

Die Messe-Kurztagung des VDE, die wie im Vorjahre im Vortragssaal des Hauses der Elektrotechnik auf dem Gelände der Technischen Messe in Leipzig stattfand, wurde von dem Vorsitzenden des VDE-Bezirkes Nordsachsen, Direktor Dipl.-Ing. Schneider, eröffnet, der die 500 Fachgenossen, die aus allen Teilen des Reiches erschienen waren, im Namen des Verbandes begrüßte.

VDE und Elektrohandwerk.

Als erster Vortragender sprach Reichsinnungsmeister Gamer über „VDE-Vorschriften als Grundlage für sachgemäße Installation". Er betonte den Wert der Zusammenarbeit von VDE und Elektrohandwerk. Auch für die Umstellvorschriften des VDE sei das Elektrohandwerk eingetreten. Ihm selbst sei diese Umstellungsarbeit zunächst nie schnell genug gegangen. Aber ohne vorhergehende wissenschaftliche Erforschung und praktische Erprobung sei die Einführung von Neuerungen in der Praxis nicht möglich, da die Sicherheit und die Qualität der Erzeugnisse nicht beeinträchtigt werden dürfe. Die bisher geleistete Arbeit könne sich aber durchaus sehen lassen.

Der Reichsinnungsmeister betonte dann weiter, daß einmal der Zeitpunkt kommen müsse, an dem nur noch die Vorschriften des VDE ohne sonstige Sondervorschriften gelten würden, und wies in diesem Zusammenhang auf das Energiewirtschaftsgesetz mit der zweiten Durchführungsverordnung hin.

Von seiten des Elektrohandwerks sei beim VDE angeregt, eine Auswahl von Vorschriften, die für den Installateur besonders wichtig wären, in Form eines Auswahlbändchens herauszubringen. Der Zweck sei nicht nur, dem Installateur zu billigem Preis die für ihn maßgebenden Vorschriften an die Hand zu geben, sondern ihn auch zu entlasten von allen Vorschriften, die ihn nicht unmittelbar beträfen.

Besonders wichtig für das Elektrohandwerk sei auch die Frage des Nachwuchses. Das Elektrohandwerk könne nur zurückgreifen auf den von ihm ausgebildeten Nachwuchs. Heute sei es meist so, daß die jungen Gesellen, die zum Arbeitsdienst und zur Wehrmacht einberufen würden, nach Ableistung ihres Dienstes nicht wieder zum Handwerk zurückkehrten, da sich bei der Wehrmacht gerade für einen guten Handwerker heute infolge der Technisierung des Heeres viele Möglichkeiten eines guten Fortkommens böten. Eine vermehrte Einstellung von Lehrlingen sei nicht möglich; jeder wisse, daß nicht ausreichend Menschen vorhanden wären. Lehrlinge müßten heute in erster Linie nur anerkannt tüchtigen Lehrbetrieben zugeteilt werden. Eine vielseitige Ausbildung im Zusammenhang mit besonderen Schulungsmaßnahmen sei erforderlich.

Auch für eine Schulung der handwerklichen Betriebsführer würde gesorgt werden. In Frankfurt a. M würde zu diesem Zwecke eine Reichsfachschule ins Leben gerufen, der bald gleiche Einrichtungen in München und Berlin folgen würden. Bei diesen Reichsfachschulen handele es sich nicht um ein Gegenstück zu den technischen Mittelschulen, sondern um eine Einrichtung, die gänzlich auf den Bedarf des Elektrohandwerks zugeschnitten sei. Mit der Gründung dieser Reichsfachschulen leiste das Elektrohandwerk einen bedeutenden Beitrag zur Forderung der allgemeinen Leistungssteigerung.

Das Gleiche gelte für die Schaffung eines technischen Büros des Elektrohandwerks. Dieses technische Büro habe in erster Linie die Aufgabe, eine enge Verbindung zwischen VDE, herstellender Industrie, Großhandel einerseits und Installateuren anderseits herzustellen. Da oft die Praxis der beste Lehrmeister sei, könnten durch das technische Büro die vielen Erfahrungen aus der Praxis des Installateurs nutzbringend verwertet werden und sowohl dem VDE als auch der deutschen elektrotechnischen Industrie praktische und wertvolle Anregungen gegeben werden. Richtige Berücksichtigung aller technischen Neuerungen müßten daher ebenso wie gute handwerkliche Qualitätsarbeit dazu beitragen, den Mangel an Menschen überwinden zu helfen.

Kunststoffe.

Über die Anwendung von Kunststoffen in der Elektrotechnik berichtete Dipl.-Ing. Burmeister. Für die Bewertung von Kunststoffen habe der VDE entsprechende Vorschriften veröffentlicht und Prüfverfahren angegeben. Im Gerätebau würden als Träger spannungführender Teile Preßstoffe verwendet, für die in VDE 0318 und in VDE 0320 entsprechende Bestimmungen vorhanden wären. Auch bei erschwerten Betriebsbedingungen könnten unter Beachtung der Eigenschaften der Preßstoffe — wie Wärmebeständigkeit, Feuchtigkeitsempfindlichkeit und Kriechstromfestigkeit — ohne weiteres betriebssichere Anlagen gebaut werden.

Eine andere Gruppe von Kunststoffen werde hauptsächlich dazu verwendet, die Berührung spannungführender Teile zu verhindern. In erster Linie kämen hier Faserstoffe wie Papier, Zellwolle und Kunstseide in Frage.

Um den Wert der Kunststoffe für die Drahtisolation zu erfassen, wäre ein Vergleich mit den VDE-mäßig berücksichtigten Faserstoffen Baumwolle und Naturseide zweckmäßig. Für eine Begutachtung der Brauchbarkeit wäre besonders die Auftragsstärke heranzuziehen. Der Vortragende erläuterte dann die Stärke der einzelnen Isolationsaufträge entsprechend der Zahlentafel 1.

In elektrischer Hinsicht sei die Isolation aus Zellwolle oder aus Kunstseide der aus Baumwolle bzw. Naturseide gleichwertig. Die geringere Scheuerfestigkeit könne man bei schwachen Drähten durch Verkleben, bei

Zahlentafel 1. Isolationsaufträge bei Drahtumspinnungen.

Durchmesser	Umspinnung bzw. Beflechtung	Baumwolle DIN 6436	Naturseide DIN 6436	Viskoseseide Seide Ersatz	Viskoseseide Wolle Ersatz	Zellwolle	Triacetatseide	Papier	Lack DIN 6435
0,1 ··· 0,2	1×	0,1	0,035	0,045	0,10	0,1	0,035	0,12	0,02
	2×	0,16	0,07	0,09	0,16	—	—	—	—
0,55 ··· 0,70	1×	—	—	—	—	—	—	—	0,04
0,5 ··· 0,8	1×	0,12	0,04	0,05	0,12	0,12	0,04	0,27	—
	2×	0,22	0,08	0,10	0,22	0,22	0,08	—	—
0,8 ··· 1,5	1×	—	—	—	—	—	—	0,31	—

stärkeren Drähten durch wechselweise Bespinnung mit Kunstseide und Baumwolle ausgleichen. Hinsichtlich der Feuchtigkeitsbeständigkeit stehe von den neuen Kunststoffen die Triacetatseide an erster Stelle, es folgten dann Hydroacetatseide und Viskoseseide. Zellulose und ihre Erzeugnisse wären gute Isolierstoffe, der Isolationsbeständigkeit wirke jedoch die größere Feuchtigkeitsempfindlichkeit entgegen. Der VDE habe bereits dadurch der Entwicklung der Kunstfasern Rechnung getragen, daß an verschiedenen Stellen in den Umstellvorschriften nicht ausschließlich die Verwendung von Naturfaserstoffen gefordert wird, sondern auch andere „gleichwertige Stoffe" zugelassen werden. Auch auf dem Gebiet der Lackierung als Isolation wäre es möglich, Kunststoffe an Stelle von Naturstoffen zu verwenden und den VDE-Vorschriften gerecht zu werden.

Für die Umwicklung der Gummihülle könne jetzt statt der bisher vorgeschriebenen gummierten, gewebten Bänder entsprechend einer Umstellvorschrift zu VDE 0250 vom 1. 11. 1938 bei Rohrdrähten und Bleimantelleitungen auch ein Kunststoff-Film benutzt werden.

Auf dem Gebiet der Fernmeldeanlagen wäre in den Umstellvorschriften VDE 0810 U für Drähte, Kabel und Schnüre auch die Verwendung von Kunststoffen zugelassen. Triacetatseide habe sich hier besonders wegen ihrer guten Feuchtigkeits- und Wärmesicherheit sowie wegen der Stabilität der dielektrischen Verluste in einem gewissen Temperatur- und Frequenzbereich eingeführt.

Neben den Faserstoffen habe die technische Industrie in den letzten Jahren auch die thermoplastischen hochpolymeren Stoffe weiter entwickelt. Es sei hinzuweisen auf VDE 0285 „Prüfung von isolierten Leitungen, bei denen Isolation und Mantel aus thermoplastischen Kunststoffen bestehen". Die thermoplastischen Kunststoffe wären auch berücksichtigt in den „Vorschriften für Starkstrom-Innenraumkabel ohne Bleimantel bis 1 kV" sowie in den „Richtlinien für probeweise in Fernmeldeanlagen zugelassene isolierte Leitungen", welche in kurzer Zeit in der ETZ als Entwürfe veröffentlicht würden.

Nach einer Erwähnung des Werkstoffes Buna ging der Vortragende noch kurz auf die Werkstoffe ein, die in der Elektrotechnik für den mechanisch konstruktiven Aufbau verwendet werden. In den VDE-Vorschriften sei hier in der Regel kein Werkstoff vorgeschrieben, sondern es wären lediglich Bestimmungen über die Anforderungen vorhanden, die von diesen Werkstoffen ausgehalten werden müßten. Es wäre also der Technik möglich, auch auf diesem Gebiet neuartige Werkstoffe gegebenenfalls zu verwenden.

Leichtmetalle.

Dipl.-Ing. Wiesthaler gab in seinem Vortrag über Leichtmetalle in der Installationstechnik zunächst einen sehr lehrreichen Überblick über die Verbrauchssteigerungen von Kupfer, Aluminium und Magnesium in den letzten Jahren in Deutschland. Der Gesamtverbrauch von Kupfer stieg in den Jahren 1932 bis 1937 gewichtsmäßig um das 1,8 fache, der von Aluminium um das 6fache an, nachdem in den vorhergehenden Jahren der Gesamtverbrauch beider Werkstoffe zurückgegangen war. Die Magnesiumerzeugung ist in dem etwa gleichen Zeitraum auf das 15fache angestiegen. Auch volumenmäßig ist der Anteil des Aluminiums am Gesamtverbrauch erheblich gestiegen. Während im Jahre 1932 das Mengenverhältnis Aluminium zu Kupfer 0,3 betrug, stieg dieser Wert bis zum Jahre 1937 auf 1,3 an. Noch interessanter sind die aus Abb. 1 hervorgehenden Vergleichswerte: Während der Gesamtverbrauch von Aluminium in den Jahren 1933 bis 1938 etwa auf den 6fachen Wert angewachsen ist, stieg der Verbrauch an Leitaluminium in der Elektrotechnik auf das 60fache an, ein deutlicher Beweis für die Umstellungsfreudigkeit der deutschen elektrotechnischen Industrie.

Abb. 1a. Verbrauch von Aluminium in der deutschen Technik und von Leitaluminium in der deutschen Elektrotechnik.

Abb. 1b. Verbrauch von Leitaluminium insgesamt und von Leitaluminium für blanke Leitungen.

Eine gute vergleichende Übersicht über grundlegende Werte der Werkstoffe Kupfer, Aluminium und Magnesium gibt Zahlentafel 2. Besonders lehrreich sind die Vergleichszahlen der letzten Zeile: Die Gewichte bei leitwertgleichen Drähten und bei erwärmungsgleichen Schienen sind für Aluminium und Magnesium etwa gleich, die

Zahlentafel 2. Vergleich einiger Werte von Kupfer, Aluminium und Magnesium.

	spez. Gewicht γ	Leitfähigkeit λ	$\frac{\lambda}{\gamma}$	bei leitwertgleichen Drähten: Durchmesser mm	bei leitwertgleichen Drähten: Querschnitt mm²	bei leitwertgleichen Drähten: Gewicht kg/cm	bei erwärmungsgleichen Schienen: Querschnitt mm²	bei erwärmungsgleichen Schienen: Gewicht kg/m
Kupfer	8,9	56	6.3	3.55	10	89	100	0,89
Aluminium	2,7	35	13	4.5	16	43,2	~ 140	0,38
Magnesium	1,74	~ 21	~ 12,1	5,8	26,7	46,5	~ 200	0,35
Verhältnis $\frac{Al}{Mg}$	1,55	~ 1,67	~ 1,06	$\frac{1}{1,29}$	$\frac{1}{1,67}$	$\frac{1}{1,08}$	~ $\frac{1}{1,4}$	1,09

Querschnitte für Magnesium betragen im ersten Falle das 1,67fache, im zweiten Falle das 1,4fache von Aluminium.

Der Vortragende berichtete dann über Vergleichsversuche an Kupfer- und Aluminiumschienen hinsichtlich des Verhaltens von Flächenkontakten. Der Anstieg des Spannungsabfalles erfolgt bei Aluminium mit geschabten Oberflächen langsamer als bei Kupfer. Der Vortragende gab auch eine Erklärung für dieses Versuchsergebnis. Unter erschwerten Versuchsbedingungen, z. B. im Tropenraum, haben sich die Aluminium-Flächenkon-

takte nicht schlechter als die aus Kupfer verhalten. Bei Verbindung von verzinnten Kupfer- und Aluminiumschienen muß das Zinn vorher sorgfältig entfernt werden, weil sonst bereits nach kurzer Zeit unzulässig hohe Spannungsabfallwerte auftreten. Der Vortragende brachte dann eine Reihe von Gesichtspunkten für die Verlegung von Leitungsschienen aus Magnesium. Entsprechende Richtlinien hat die Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie herausgegeben.

Versuche, die unter Zugrundelegung von VDE 0608 „Leitsätze für Klemmen zum Anschluß von eindrähtigen Aluminiumleitern mit Querschnitten bis 16 mm²" durchgeführt wären, hätten zwar bei den verschiedenen Klemmen-Bauarten auch verschiedene Werte des Spannungsabfalles ergeben, sämtliche Werte hätten aber nicht mehr als 2 mV betragen und somit innerhalb des zulässigen Bereiches gelegen. Über den Rahmen von VDE 0608 hinaus wären noch Versuche über den Einfluß durch Erschütterungen ausgeführt. Auch diese Versuche hätten, wie der Vortragende im einzelnen belegte, ein durchaus einwandfreies Ergebnis gezeigt. Bei keinem der teilweise sehr langen und unter sehr scharfen Bedingungen durchgeführten Versuche wäre ein Wert von 2,5 mV überschritten.

Rundfunk-Empfangsantennen.

Dr. Dennhardt betonte in seinem Bericht, daß beim Bau von Rundfunkempfangsantennen im wesentlichen zwei Forderungen nach Möglichkeit erfüllt werden sollten, nämlich eine möglichst große Kopplung der Antennen mit dem Nutzfeld und eine möglichst große Entkopplung von den vorhandenen Störfeldern. Auf Grund von eingehenden Untersuchungen könne man heute mit verhältnismäßig einfachen Messungen zu einer Bewertung einer Antenne gelangen.

Die Entstörung von Geräten habe gute Fortschritte gemacht und würde weiter gefördert werden. Messungen in „entstörten Bereichen" hätten aber gezeigt, daß trotz weitgehender Entstörung immer noch ein geringfügiger Störpegel bestehen bleibe, dessen Wirksamkeit zwar noch durch die großen Senderleistungen vermindert werde. Es wäre daher weiterhin vorteilhaft, gerade auch bei hochwertigen Fernempfangsgeräten mit einer wenn auch kleinen Hochantenne — gegebenenfalls mit geschirmter Zuführung — zu arbeiten, um das Verhältnis von Nutzfeld zu Störfeld günstig zu gestalten und dadurch die Leistungsfähigkeit des Empfangsgerätes erst richtig ausnutzen zu können. Eine elektrisch, mechanisch und ästhetisch geeignete Form wäre durch die Stabantenne gegeben.

Die Gemeinschaftsantenne solle dem einzelnen Hörer die Vorteile der Hochantenne mit geschirmter Zuführung zugute kommen lassen, ohne ihn mit ihren Nachteilen wie z. B. dem hohen Anschaffungspreis zu belasten. Große Bedeutung habe die Gemeinschaftsantenne besonders in dichtbebauten Stadtgebieten erhalten.

Der VDE habe schon frühzeitig durch die Schaffung von „Vorschriften für Antennenanlagen" (VDE 0855) auf dem Rundfunkgebiet mitgearbeitet und trage jetzt der weiteren Entwicklung durch Vorbereitung weiterer Vorschriften auf dem Rundfunkgebiet Rechnung.

Blitzableiterbau.

Reichsfachgruppenleiter Fluthwedel behandelte in seinen Ausführungen organisatorische und technische Fragen des Blitzableiterbaues. Vor der Machtübernahme habe keine amtliche Stelle — mit Ausnahme des Ausschusses für Blitzableiterbau — bestanden, welche diesen Arbeitsbereich einheitlich betreute. Die Folge wäre gewesen, daß Anlagen unvorschriftsmäßig errichtet worden wären. Erst durch eine Verordnung des Reichswirtschaftsministeriums wäre eine Angliederung an das Schlosserhandwerk erfolgt. Inzwischen sei auch die Organisation der Fachgruppe Blitzableiterbau durchgeführt; die Bezirksfachgruppenleiter wären eingesetzt und geschult.

Für die Errichtung von Blitzableiteranlagen wären die vom Ausschuß für Blitzableiterbau (ABB.) herausgegebenen Richtlinien maßgebend. Werkstoffe und Konstruktionsteile hätte man durch die Normblätter DIN VDE 1801 bis 1851 sowie durch das Umstellnormblatt DIN VDE 1800 U festgelegt. Die Hauptwerkstoffe wären verzinkter Stahl und Aluminium, da Kupfer für den Blitzableiterbau nicht mehr zugelassen würde. Allerdings käme Aluminium für die Verlegung im Erdboden mit Rücksicht auf die starke Korrosion nicht in Frage, worauf bereits in DIN VDE 1800 U hingewiesen würde. Eine Verwendung als Leitung oberhalb des Erdbodens sei dagegen durchaus möglich. Gebäude aus Stahlkonstruktionen und Eisenbeton müßten entgegen häufig geäußerter Ansicht eine Erdung erhalten, da derartige Bauten infolge ihres Sockels aus Beton isoliert im Erdreich ständen.

Der Einbau von Überspannungsableitern in Freileitungs-Ortsnetzen wäre zweckmäßig, auch könne der unmittelbare Einbau von Ableitern in die Hausinstallation empfohlen werden.

Ausstellungshallen.

Dipl.-Ing. Lüdeling führte aus, daß gerade bei Installationen in Ausstellungshallen sehr sorgfältig vorgegangen werden müsse. Nur bewährte Fachleute sollten derartige Anlagen ausführen. Neben den entsprechenden VDE-Vorschriften wären Polizeiverordnungen, ferner besondere Anweisungen von örtlichen Ausstellungsbehörden vorhanden.

Verteilertafeln mit Zählern, Sicherungen und Schaltern würden bei kleineren Anlagen meist an Ort und Stelle zusammengebaut, bei größeren Anlagen dagegen fertig montiert angeliefert. Für die Verlegung käme in erster Linie NGA-Leitung in Isolierrohr oder Rohrdraht in Frage. Offen oder in Gummirohr verlegte NGA-Leitung wäre wegen der Gefahr der mechanischen Beschädigung unzweckmäßig. Bei Beleuchtungsanlagen müsse für gute Wärmeabfuhr gesorgt werden. Ein zuverlässiger Schutz gegen zu hohe Berührungsspannung sei wichtig, bei Motoren außerdem ein Überstromschutz. Entsprechend dem jeweiligen Verwendungszweck sollten die Motoren durch ihre Konstruktion bereits die richtige Schutzart aufweisen und nicht nachträglich durch Holzkästen abgedeckt werden.

Luftschutz.

Dr.-Ing. Setzepfand betonte, daß auch auf dem Gebiet des Luftschutzes die VDE-Vorschriften grundlegend wären. Für Alarmgeräte wären allerdings noch besondere Vorschriften aufgestellt worden, da diese Geräte lediglich für die Verwendung im Luftschutz entwickelt wären und einer besonderen Prüfung unterlägen. Der Anschluß derartiger Alarmanlagen erfolge über eigene Sicherungen unmittelbar am Hausanschluß. Für die Installation würde die Verwendung kabelähnlicher Leitungen gefordert, um ausreichenden Schutz zu gewährleisten. Zur Auslösung der Alarmgeräte würden vorhandene Übertragungswege ausgenutzt. Der drahtlose Weg scheide als nicht genügend sicher aus. Für die Luftschutzsirenen wäre eine gute Blitzschutzerdung unerläßlich. Unter Zugrundelegung der Richtlinien des Ausschusses für Blitzableiterbau wären Sondervorschriften erlassen, um überall eine einheitliche Bauweise zu erzielen.

Durch die Forderungen des Luftschutzes erhielten heute gekapselte Anlagen, Hochspannungskabel und Unterwasser-Kraftwerke eine steigende Bedeutung. Für Schutzraumanlagen kämen als schnell verfügbare Energiequellen besonders Dieselmotoren in Frage. Wenn für die Verdunkelung besondere Hilfsmittel und Geräte benutzt würden, dann müßten sie von der Reichsanstalt der Luftwaffe für Luftschutz geprüft werden und eine Vertriebsgenehmigung erhalten. Das wäre nicht erforderlich, wenn die Verdunkelung durch Schaltmaßnahmen, z. B. durch Spannungsabsenkung erreicht würde.

Die Anforderungen des Luftschutzes hätten bei der Nachrichtentechnik vom Selbstwählerverkehr zum handbetätigten Betrieb zurückgeführt.

Siedlungen.

Dipl.-Ing. Mann berichtete über Verteilungsnetze und Hausinstallationen in Siedlungen. Bei der Planung von Verteilungsnetzen solle eine ausreichende Anzahl von Stützpunkten vorgesehen werden. Um eine möglichst große Betriebssicherheit zu gewährleisten, solle man versuchen, mit einfachen Konstruktionsformen auszukommen. Aluminiumleitungen in Freileitungsnetzen hätten sich seit Jahren bewährt, wenn sie sorgfältig verlegt würden. Die Verbinderfrage sei durch den Kerbverbinder gelöst, offenbar auch die Klemmenfrage durch neuartige Konstruktionsformen. Die Leitungsverlegung erfolge auf Masten oder auf Dachständern, die besonders in Süddeutschland vorherrschten. In dieser Hinsicht solle man auch weiterhin landesübliche Gepflogenheiten berücksichtigen. Es sei dringend zu empfehlen, die einzelnen Bauteile für Freileitungs-Ortsnetze zu normen.

Bei der Planung der Hausinstallation solle man sich keine zu starke Einschränkung auferlegen, um so mehr als bei einem Siedlungshaus die Kosten für die Elektroinstallation in der Regel nicht mehr als 1 Prozent der Gesamtkosten ausmachten. Durch die „Leitsätze für die Berücksichtigung elektrischer Anlagen bei der Ausführung von Bauten" (VDE 0125) wären auch dem Architekten genügende Anhaltspunkte gegeben. Bereits bei dem Entwurf eines Neubaues sollte die Anbringung ausreichender Elektroinstallation berücksichtigt werden.

Dir. Dipl.-Ing. Schneider brachte abschließend den Wunsch zum Ausdruck, daß diese Tagung, die zu einer ständigen Einrichtung bei der Leipziger Technischen Messe geworden wäre, auch im nächsten Jahre einen so guten Verlauf unter so zahlreicher Beteiligung nehmen möge, wie in diesem Jahre.

N. Lieber VDE.

Messekundgebung der deutschen Technik.

DK 62(061.3)

Seit der Machtübernahme hat das Hauptamt für Technik der NSDAP. für den deutschen Ingenieur die Leipziger Messe mit einer Kundgebung abgeschlossen, die ihm immer wieder die großen Gesichtspunkte zeigen soll, unter denen sein oft mühsame Kleinarbeit scheinendes Wirken steht.

Zwei Vorträge mit scheinbar verschiedener Blickrichtung bildeten den Kernpunkt der Tagung, und doch war es nur eine scheinbare Verschiedenheit. Wenn Gauamtsleiter Rohrbach, Stuttgart, über „Die deutsche Technik und das Ausland" sprach, so entrollte er uns ein Bild aus Deutschlands tiefster Zerrissenheit. Wie viele wertvolle Kräfte mußten dem deutschen Volk infolge mangelnder Führung verloren gehen, weil ihrem schöpferischen Wollen keine mächtige Hand die Aufgaben zuweisen konnte oder ihrem Wirken den erforderlichen Schutz zu gewähren und das einfühlende Verständnis entgegenzubringen in der Lage war. Ein Friedrich List mußte seine weitschauenden Pläne in einem fremden Lande in die Wirklichkeit umsetzen, weil kleinlicher Geist ihm ihre Entfaltung in der eigenen Heimat unmöglich machte. Ein Heinrich Göbel erfand im Ausland die elektrische Glühlampe. Ein Max Eyth stellte sein großes Können einem fremden Volke zur Verfügung. An dem, was er später in seiner Heimat schuf, kann man seine schöpferische Kraft ermessen. Wenn er als Ingenieur seine organisatorischen Fähigkeiten nach seiner Rückkehr in die Heimat einem ganz anderen Berufsstand, dem Bauerntum, zur Verfügung stellte und im Deutschen Herdbuch etwas schuf, was den Wohlstand des Bauern mit begründen half, so kann man ahnen, was dieser große deutsche Ingenieur in einem mächtigen Vaterlande für die Allgemeinheit hätte leisten können. Wie viele andere deutsche Ingenieure haben den Völkern um uns herum und in anderen Erdteilen mit ihrem Schaffen zu wirtschaftlicher Blüte mit verholfen, sei es nun, daß ein Frasch in Amerika im Schwefel einen Naturschatz hob, der bislang als unzugänglich betrachtet wurde, oder daß Schöllkopf die Niagarafälle durch den ersten Ausbau der Menschheit nutzbringend untertan machte. Die Beispiele ließen sich beliebig vermehren. Sie alle zeigen, wie enger Kleinbürgersinn und mangelnde Führung nicht nur wertvolle Söhne dem eigenen Volke verloren gehen ließen, sondern sogar unbewußt sich den eigenen Daseinskampf dadurch erschwerten, daß diese Männer in ihrer schöpferischen Tatkraft und mit ihrem Können, ohne es zu ahnen, fremden Völkern Waffen für den Lebenskampf in Krieg und Frieden schmiedeten.

Heute erleben wir das Gegenteil. Ein Deutscher, von deutschen Eltern, die ausgewandert waren, im Auslande geboren, Brassert, hatte ein von deutschen Wissenschaftlern erfundenes Verfahren zur Erschließung armer, saurer Erze in die Wirklichkeit mit glänzendem Erfolge umgesetzt. Wenn er freudig dem Rufe des Generalfeldmarschalls Hermann Göring folgte, seine Erfahrungen und seine Tatkraft dem deutschen Volke zur Verfügung zu stellen, so kennzeichnet dies die Bedeutung eines mächtigen Reiches unter zielbewußter Führung für den Ingenieur, der immer sein ganzes Können und Wissen mit Stolz und Freude seinem Volk zur Verfügung zu stellen willens ist. So werden viele deutsche Ingenieure, die jetzt noch im Ausland ihr Können verschenken, bereit sein, ihrem Volke zu dienen, dem eine starke, von der Bedeutung technischen Schaffens durchdrungene Führung alles das zu bieten vermag, was in Zeiten der Schwäche wertvolle Kräfte, zum Teil nach vergeblichen Versuchen, ihrem Vaterlande zu dienen, zwingen mußte, in fremden Ländern zu schaffen.

Ein stolzes Meisterwerk, die Hermann-Göring-Werke, sind Brassert zum Ausbau anvertraut worden. Von ihrer großzügigen Planung berichtete Staatsrat Meinberg[1]. Auch hier hatten kleine Geister nicht glauben wollen, was 1923 in den Zeiten tiefster Erniedrigung Professor Weigelt an Hand von Bohrungen nachgewiesen hatte, daß Deutschland in den Salzgitterer Erzen einen Reichtum besitze, der weit über das hinausgehe, was man bisher angenommen habe. Neue Bohrungen haben ergeben, daß selbst die Schätzungen von Optimisten weit übertroffen werden.

An der Planung der Hermann-Göring-Werke selbst ist für uns Ingenieure dreierlei wertvoll. Die gesamttechnische Planung zeigt eine Geschlossenheit, wie sie für zukünftige Industriebauten maßgebend sein muß. Der schaffende Mensch wird Lebensbedingungen erhalten, die ihm gestatten, einen Ausgleich für seine Arbeit, sei es unter Tage, am Hochofen, im Walzwerk, im Kraftwerk oder im Büro, zu finden. Schließlich wird ein großzügiger Ausbau der Verkehrsmittel die Zeit, die zwischen Arbeit und Erholung verloren geht, auf das menschenmögliche Mindestmaß herabdrücken. So wird ein Industriemittelpunkt entstehen, der sich würdig den großen Arbeiten an die Seite stellen wird, die der Nationalsozialismus im Vollgefühl seiner schöpferischen Kraft in sechs Jahren begonnen und vollendet hat.

Harald Müller VDE.

[1]) Einzelheiten s. Rundsch. Deutsch. Techn. 19 (1939) Nr. 11.

RUNDSCHAU.

Lichttechnik.

DK 628.971.6 : 711

Schönheit und Zweckmäßigkeit der Beleuchtung im Stadtbild. [Nach von der Trappen, Licht 9 (1939) S. 3; 7 S., 12 Abb.]

Die Einrichtungen der Straßenbeleuchtung beeinflussen stark das nächtliche Bild von Dorf und Stadt. Sie müssen am Tage und in der Nacht die Straße zieren, darüber hinaus in der Nacht jedoch eine sichere Abwicklung des Verkehrs gewährleisten. Die Schönheit der Beleuchtung wird nicht nur bestimmt durch die Formen der Beleuchtungseinrichtungen, sondern auch durch ihre Anordnung. Da jede Straße ihren eigenen Charakter hat, müßte jede Straße ihre eigene Beleuchtungsart haben. Das würde jedoch zu unerschwinglichen Ausgaben und zur Verteuerung des Betriebes führen.

Ein ständiger Wechsel der Beleuchtungsart ist besonders für den Kraftwagenverkehr sehr nachteilig. Dieser Wechsel bedingt eine fortwährende Umstellung des Auges und ruft Ermüdungserscheinungen hervor, insbesondere bei nassen Straßen, bei denen die zusätzlichen Reflexe äußerst stören. Wenn schon eine Anpassung der Beleuchtungseinrichtungen an das Straßenbild im Hinblick auf die Wirkung am Tage erstrebenswert ist, so dürfen doch keinesfalls die lichttechnischen Anforderungen an gute Beleuchtung zurückgestellt werden, vor allen Dingen nicht in Hauptgeschäftsstraßen und Hauptausfallstraßen mit dichterem und schnellem Verkehr. In wenig verkehrsreichen Straßen könnte eine gewisse Vernachlässigung lichttechnischer Belange zugunsten der Schönheit tragbar sein.

Abb. 1. Ost-West-Achse Beleuchtungskandelaber.

Zu erwägen ist eine Aufteilung der Straßenbeleuchtung nach 4 Gruppen: Geschäftsstraßen, Hauptausfallstraßen, Wohnstraßen und Repräsentationsstraßen. Die Aufhängung von Leuchten über der Straßenmitte bietet zwar das bequemste Mittel, natürlichen Beleuchtungsverhältnissen nahe zu kommen, doch wirken Spanndrähte im Straßenbild störend, weniger in sachlichen Geschäftsstraßen als in breiten Straßen mit einem schönen Hintergrund, z. B. einem Schloß oder Denkmal. Das Straßenbild wird zerschnitten. Es könnten in Geschäftsstraßen, besonders wenn sie sehr eng sind, Maste also den ohnehin dichten Verkehr hindern, Leuchten zwischen Rosetten über Straßenmitte angeordnet werden, ohne daß sie das Straßenbild beeinträchtigen. Bei nasser Straße wird der von den Leuchten in Straßenmitte (Fahrbahnmitte) gebildete Reflexstreifen durch die Reflexstreifen der leuchtenden Schaufenster zu einer hellen Straßenfläche ergänzt, auf der die Gegenstände (z. B. Radfahrer) als Silhouette erscheinen; es werden also scharfe Kontraste gebildet. Bei Seitenanordnung der Leuchten bleiben, wenn nicht sehr dichte Leuchtenabstände gewählt werden, schwarze Streifen zwischen den Reflexstreifen der Leuchten; die Mitte der Straße bleibt dunkel.

In Hauptausfallstraßen, auch Zubringerstraßen von einer Stadtmitte zur Autobahn, ist die Einrichtung eines durch Mittelaufhängung der Leuchten gebildeten Lichtbandes, da richtungsweisend, sehr günstig. In baumbestandenen Straßen fallen Überspannungen nicht sehr auf. Die Bauweise von Überspannungen hat sich sehr zu ihrem Vorteil geändert gegenüber älteren Ausführungen. Eine Reihe Leuchten in Straßenmitte ist fast immer wirtschaftlicher als zwei Reihen bei seitlicher Anordnung.

Wohnstraßen sind, wenn hohe Miethäuser vorhanden sind, auch geeignet für Überspannungen, insbesondere, wenn die Straße wiederum durch hohe Häuser abgegrenzt wird. Eine Beleuchtung mit 750 lm alle 50 m in 3,5 m Lichtpunkthöhe ist unzureichend, insbesondere in baumbestandenen Wohnstraßen.

Repräsentationsstraßen erfordern unbedingt eine die Straße bei Tag und Nacht zierende Beleuchtung. Höhere Aufwendungen sind daher gerechtfertigt. Reine Zweckleuchten sind hier ebenso wenig wie in Parks an der richtigen Stelle. In der Straße „Unter den Linden" in der Reichshauptstadt ist man bewußt von alten Formen der Straßenbeleuchtung abgegangen, indem man vier Reihen viereckiger Laternen mit 4,5 m Lichtpunkthöhe bei Lampenabständen von 16 m anordnete. Die vorhandene Bestückung mit 300 + 200 W Glühlampen bewirkt eine mittlere Beleuchtungsstärke von 8,4 lx bei einer Gleichmäßigkeit von 1 : 4.

Im Ausland findet man in Paris das Drängen nach einheitlicher und gut wirkender, aber auch ausreichender Beleuchtung. Verwendet werden Kugelleuchten mit Spiegeln, die das Licht auf die Fahrbahn richten. Während man hier Zweckmäßigkeit mit Schönheit zu vereinigen sucht, war man in Brüssel vorwiegend auf Zweckmäßigkeit bedacht, indem man Freileitungsstromzuführung über Straßenmitte vorgesehen hat und kleine, jedoch stark bestückte Leuchten an der Freileitung befestigte. In England bemüht man sich mit wechselndem Erfolg, neue schöne Formen für seitlich angeordnete Kandelaber zu verwenden.

Vorbildlich in bezug auf Zweckmäßigkeit müssen die Straßenbeleuchtungseinrichtungen der Stadt Wien bezeichnet werden, weil man bis auf wenige Ausnahmen durchgehend in allen Straßen Überspannungen mit zwei Leuchten stets gleicher Ausführung in stets gleicher Höhe erstellt hat. Auch die Bestückung ist fast durchgehend gleich. Der Kraftfahrer hat den Vorteil, sich nicht dauernd auf eine neue Beleuchtungsart umstellen zu müssen. Die Betriebsführung ist sehr wirtschaftlich.

Die neuzeitlichste in Bau befindliche Repräsentationsstraße, die Ost-West-Achse in der Reichshauptstadt, wird eine schöne und zweckmäßige Beleuchtung erhalten. Der Lichttechniker wurde hier von dem Generalbauinspektor Prof. Albert Speer insofern vor große neue Aufgaben gestellt, als mit Leuchten von nur 6 m Lichtpunkthöhe, seitlich angeordnet, eine Straßenbreite von 50 m auszuleuchten war. Das Bedeutende ist, daß eine Beleuchtungsstärke von etwa 40 lx im Mittel, also etwa 5 bis 6 mal höher als Unter den Linden, zu schaffen war, ohne daß etwa Blendung der Verkehrsteilnehmer einträte. Berechnungen der Lichtleistung und Versuche der Haupttiefbauverwaltung der Stadt Berlin zusammen mit der BEWAG und in Gemeinschaft mit den einschlägigen Firmen waren dem Architekten Prof. Speer Wegweiser zum Entwurf des verwendeten doppelarmigen Lichtmastes, den die Abb. 1 zeigt. Ein aus Stahlblech gedrückter, aus zwei Teilen geschweißter Achtkantmast mit Sockel hält zwei Ausleger, die runde Leuchten von 126 cm Höhe und einem Durchmesser von 59 cm tragen. Das Mastschaftrohr, auf dessen Ecken Flacheisen aufgelegt sind, hat gepunzte Flächen. Der Sockelfuß trägt eine Kaschierung aus Gußeisen, die auf einem viereckigen Granitsockel aufliegt. Der Mastabstand ist in dem baumbestandenen 3,6 km langen Straßenstück zwischen Knie und Adolf-Hitler-Platz 18 m, in dem 3,8 km langen Stück durch den Tiergarten nur 25 m, weil dort zwischen den Masten keine Bäume angeordnet sind. Dementsprechend war die Lichtverteilung der Leuchten auch verschieden einzurichten. In allen Leuchten werden für die Richtung des Lichtstromes besonders geformte Spiegel verwendet. Für die freistehenden Leuchten sind Rundspiegel vorgesehen, die im Kopf der Leuchte angebracht sind. Das Licht wird vorwiegend in Fahrtrichtung, jedoch auch zum nennenswerten Teil

in die übrigen Richtungen gelenkt (Abb. 2). In den baumbestandenen Straßenteilen werden die Leuchten mit zwei senkrecht untereinander angeordneten Spiegeln ausgerüstet, die den Lichtstrom zum größten Teil auf die Fahrbahn richten. Einer gleichmäßigen Ausleuchtung der aus Riffelglas bestehenden Flächen der Leuchten wurde große Aufmerksamkeit gewidmet.

Abb. 3 zeigt zum Vergleich zu dem in Abb. 2 dargestellten Meßergebnis ein Luxgebirge, das die Verhältnisse in einer mit seitlich angeordneten Preßgasbrennstellen beleuchteten Straße erkennen läßt.

	gesamte Fl.	Fahrbahn
maximale Beleuchtung	119 lx	119 lx
minimale „	10,6 lx	22,4 lx
mittlere „	57,94 lx	61,31 lx
Gleichmäßigkeit	1 : 11,4	1 : 5,3
beleuchtete Fläche	322,5 m²	245 m²
Nutzlumen	24 450	15 000
Lumen der Lampen	**61 200**	
Wirkungsgrad	**40 %**	—

Abb. 2. Auswertung einer Beleuchtungsmessung auf der Probestrecke am Kaiserdamm.

Gasleuchten 3 · 2 flg. = 2000 HK
Lichtpunkthöne 5,7 m
maximale Beleuchtung 35,3 lx
minimale Beleuchtung 3,1 lx
mittlere Bodenbeleuchtung 11 lx
Gleichmäßigkeit 1 : 11,4
Wirkungsgrad 37,6 %

Abb. 3. Auswertung einer Beleuchtungsmessung in der Königstraße.

Das Gewicht eines Mastes, der eine Bauhöhe von 6,6 m hat, ist einschließlich der Leuchten etwa 875 kg. Jede Leuchte wird mit 1500 W Glühlampenleistung bestückt. Der Gesamtanschlußwert der Strecke bei 707 Masten ist rd. 2100 kW. Die Lichtleistung wird rd. 40 Mill lm sein, der jährliche Stromverbrauch etwa 6 Mill kWh. Jeweils 12 Brennstellen, also 36 kW, sind zu einem Stromkreis durch ein Kabel von 4 × 120 mm² Al vereinigt. Die Anlage wird vollständig selbsttätig ferngeschaltet und überwacht.

Zu den lichttechnischen Aufgaben der Ost-West-Achse gehört auch die Beleuchtung der an der Kreuzung der beiden Achsen Ost—West und Nord—Süd vorgesehenen Verkehrstunnel von 14,5 m Breite. Dazu wurden im alten Lindentunnel der Berliner Verkehrsgesellschaft von der Haupttiefbauverwaltung der Stadt Berlin zusammen mit dem „Studienausschuß für öffentliche Beleuchtung" der „Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft" (DLTG) eingehende Versuche durchgeführt, die ebenfalls in Zusammenarbeit mit dem Generalbauinspektor erfolgen.

Das Thema Schönheit und Zweckmäßigkeit der Beleuchtung im Stadtbild ist damit nicht erschöpft. Es erstreckt sich auch auf weitere Beleuchtungseinrichtungen zu Zwecken der Reklame, des Verkehrs, der Bequemlichkeit der Verkehrsteilnehmer u. dergl. *Vb.*

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.315.21.015.3

Das Verhalten von Starkstromkabeln bei Überspannungen. [Nach J. Vuillermoz, Rev. gén. Électr. 44 (1938) S. 543; 8½ S., 4 Abb.]

Der für ein bestimmtes Kabel zu wählende Spannungsgradient hängt von der Fähigkeit des Dielektrikums ab, den im normalen Betrieb auftretenden Dauerbeanspruchungen und den bis eventuell fünffachen der Netzspannung U ansteigenden kurzzeitigen Überspannungen zu widerstehen. Aufschluß darüber gibt bis zu einem gewissen Grade die Zeit-Durchschlagkurve. Für Massekabel wählt man einen Betriebsgradienten unterhalb 6 kV/mm. Bei Ölkabeln liegt die dauernd zulässige Beanspruchung zwar sehr hoch (bei etwa 30 kV/mm); aber aus Sicherheitsgründen wählt man für die Bemessung dieser Kabel einen Gradienten von nicht über 10 kV/mm. Dasselbe gilt für Gasdruckkabel.

Wenn man allgemeine Regeln für die Güteprüfung von Kabeln, die zur Ermittlung des Sicherheitskoeffizienten der betreffenden Kabelart dient, aufstellen will, so muß man Beanspruchungen festlegen, die den im Betriebe auftretenden entsprechen. Vor allem müssen die Einflüsse der Überspannungen berücksichtigt werden, wobei man Überspannungen inneren Ursprungs und solche atmosphärischen Ursprungs unterscheiden muß. Bei ersteren handelt es sich um Störungen mit Netzfrequenz, die von Hochfrequenzüberspannungen begleitet sind. Diese Hochfrequenzüberspannungen kommen jedoch nur selten vor; sie haben keinen hohen Spitzenwert und nur wenige Perioden Dauer. Die atmosphärischen Überspannungen können dagegen sehr hohe Spitzenwerte erreichen, die aperiodisch abklingen. Über das Verhalten solchen Stoßbeanspruchungen gegenüber sagen die Zeitdurchschlagkurven nichts aus.

An Kabeln verschiedener Bauart wurden Durchschlagversuche ausgeführt, und zwar mit unterbrochener 50periodiger Wechselspannung verschiedener Höhe, wobei die Dauer jedes „Stoßes" 0,03 s betrug; ferner mit ununterbrochener Wechselspannung derselben Höhe; weiterhin mit Wechselspannungen zwischen 25 bis 100 Hz und außerdem mit Stoßspannungen verschiedener Steilheit. Die Auswertung der Ergebnisse zeigte folgendes:

1. Der Durchschlag erfolgt praktisch nach derselben Gesamtperiodenzahl, gleichgültig ob sich diese Zahl durch Addition der unterbrochenen oder ununterbrochenen Spannungswellen gleicher Höhe ergibt.
2. Die Dauer bis zum Durchschlag ist umgekehrt proportional der Frequenz.

Unter Zugrundelegung der angenommenen, während einer 30jährigen Betriebszeit auftretenden Beanspruchungen und Veränderungen des Dielektrikums wird für die Güteprüfung von Kabeln folgendes vorgeschlagen:

1. Wechselspannungsprüfung (50 Hz) mit 3 U von 20 min Dauer.
2. Wechselspannungsprüfung (50 Hz) mit 3 $U_{ü}$ von 5 min Dauer, wobei $U_{ü}$ die Trockenüberschlagspannung der Endverschlußisolatoren bedeutet.
3. Stoßspannungsprüfung: 50 Stöße mit 1,3 $U_{ü}$, negative Polarität, 500 bis 1000 kV/µs Stirnsteilheit.

Wenn man die gleichzeitigen Einflüsse von Zeit, Temperatur und Spannung, denen die Isolation im Betriebe ausgesetzt ist, noch einigermaßen beim Prüfstück berücksichtigen will, so müßte das Kabel vorher wenigstens einen Monat lang täglichen Erwärmungs- und Abkühlungszyklen, sowie einer Prüfspannung, die höher als die Betriebsspannung liegt, unterworfen werden. Die Höhe dieser Spannung hängt von den besonderen Verhältnissen ab.

Da diesen Prüfungen die ungünstigsten im Betriebe auftretenden Beanspruchungen zugrunde gelegt wurden, erhält man naturgemäß einen für die Mehrzahl der in der Praxis vorkommenden Verhältnisse sehr hohen Sicherheitskoeffizienten. *Dö.*

DK 621.315 : 725

Versorgung großer Gebäude mit elektrischen Leitungen. [Nach C. G. A. McDonald u. F. C. Carter, Post Off. electr. Engrs. J. 31 (1938) S. 183; 8 S., 12 Abb.]

In neuzeitlichen Häusern muß die Versorgung mit elektrischen Leitungen jeder Art von vornherein sichergestellt werden. Nachträgliche Änderungen in den Leitungsführungen werden stets zu großen Weiterungen und Kosten führen, die bei guter Planung vermieden werden können. Dies ist besonders wichtig für große Gebäude, für Handelszwecke oder für Behörden, bei denen nachträgliche bauliche Änderungen erhebliche Unruhe und Schwierigkeiten für den Betrieb hervorrufen werden. Daher ist es notwendig, daß die bauausführenden Architekten sich schon bei der Planung der Gebäude mit den Ingenieuren in Verbindung setzen, denen die Versorgung der Gebäude mit Licht, Kraft, Fernsprecher, Gas usw obliegt. Die Verfasser schlagen vor, einen allgemeinen und einen endgültigen Plan für die Verlegung der elektrischen Leitungen aufzustellen. Im vorläufigen Plan sollen die Punkte, die zur Prüfung der Leitungen erforderlich sind, ferner die Schächte für die Führung der Leitungen und endlich die Verzweigungspunkte zu den einzelnen Stockwerken aufgenommen werden. Bei dem endgültigen Plan müssen die Verbraucherstellen schon genau festliegen. Dabei ist zu beachten, daß einzelne Verbraucherstellen — so z. B. Fernsprechanschlüsse — noch nachträglich leicht umgelegt werden müssen, wenn Umstellungen von Möbeln usw. vorkommen. An einigen Skizzen werden diese Pläne erläutert. Auch die englische Postverwaltung hat sich gezwungen gesehen, mit den maßgebenden technischen Behörden über die besten Wege für eine verdeckte Führung der Kanäle und Leitungen in den Gebäuden zu unterhandeln und gewisse Richtlinien aufzustellen. *Kbr.*

Elektrische Maschinen.

DK 621.313.047.2 : .017.71

Die Erwärmung des Stromwenders. [Nach O. Contin, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 48 (1938) S. 641; 3½ S., 0 Abb.]

Für die Erwärmung von Stromwendern wird im Schrifttum allgemein eine schon von Arnold angegebene Formel verwendet, bei der mit einer Erwärmungskonstanten C gerechnet wird, die zwischen 70 und 200 schwanken kann, so daß sich eine genaue Berechnung nur auf Grund von Meßergebnissen an ausgeführten Maschinen ähnlicher Bauart durchführen läßt. Der Verfasser stellt sich nun die Aufgabe, eine den wirklichen Verhältnissen sich wesentlich besser anpassende Formel für die Berechnung der Stromwendererwärmung zu finden. Er geht dabei von den schon von anderen Verfassern gefundenen Gesetzen aus, wonach die Wärmeabgabe durch Leitung und Konvektion eines ruhenden Körpers etwa der Quadratwurzel aus der Luftgeschwindigkeit und einer Konstanten O, die durch Strahlung abgegebene Wärmemenge einer Strahlungskonstanten m proportional ist. Nach im Schrifttum von anderer Seite behandelten Versuchsergebnissen beträgt die durch Strahlung, natürliche Konvektion und Leitung abgeführte Wärmemenge 12 Ws je m², s und °C Übertemperatur. Aus diesen Werten können nun einwandfrei die Konstanten O und m bzw. die Wärmeabgabezahl $t_k = O/m$ oder auch $t_k \sqrt{v} = 1$ ermittelt werden; hierin ist v die für die natürliche Konvektion entsprechende Luftgeschwindigkeit. Die bisherigen Überlegungen galten bei ruhenden Körpern mit natürlicher Konvektion, bei sich drehenden Körpern muß die resultierende Luftgeschwindigkeit v_{res} und eine resultierende Wärmeabgabezahl t_{res} in die Rechnung eingeführt werden. Es ergibt sich die einfache Formel für die Übertemperatur

$$T = \frac{1670 \text{ W/cm}^2}{2 + t_{res}\, v_{res}} \text{ in °C}.$$

Wieder an Hand von Versuchsergebnissen[1]) kann auch $t_{res}\, v_{res}$ ermittelt werden. Es ergibt sich $(2 + t_{res}\, v_{res}) = K \sqrt{\frac{v_k}{L_k}}$. Dabei bedeutet v_k die Kommutatorumfangsgeschwindigkeit in m/s und L_k die Kommutatorlänge in cm. K ist eine Konstante, die vom konstruktiven Aufbau der Maschine abhängt und die bei offener Maschine mit üblicher Lüftung 38 wird; sie kann allerdings doch auch in recht großen Grenzen (10 bei schlechter Lüftung bis 75 bei achsial-tangentialer Kühlung) schwanken. Es wird gezeigt, wie die Berechnung eines Stromwenders für Gleichstrommaschinen unter Berücksichtigung der verschiedenen Verluste mit Hilfe der gefundenen Beziehungen durchgeführt werden kann. Es ergibt sich dabei, daß die kleinsten Abmessungen erreicht werden, wenn man die Stromübergangsverluste gleich den Reibungsverlusten macht. Auch auf die Berechnung eines Wechselstromstromwenders wird kurz eingegangen, und dann wird als Beispiel durchgerechnet der Stromwender für eine Gleichstrommaschine von 350 kW bei 2000 U/min, 220 V, 1590 A. Die bei den gewählten Abmessungen rechnerisch sich ergebende Übertemperatur beträgt 46°, während an der ausgeführten Maschine 43° gemessen worden sind. *Lhd.*

DK 621.314.222.017.71 : 621.317.331.045.001.42

Überwachung der Temperatur von Transformatorenwicklungen im Betriebe. [Nach J. Ossanna, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 529; 4½ S., u. 57 (1939) S. 34; 5 S.]

Die bekannte Widerstandsmessung mittels Gleichstrom ist das zuverlässigste Verfahren zur Bestimmung der mittleren Wicklungstemperatur. Für die laufende Überwachung der Betriebstemperatur scheidet sie jedoch aus, da die Abschaltung des Transformators für die Messung nicht durchführbar ist. Wie der Verfasser nachweist, ist jedoch auch während des Betriebes eine Widerstandsmessung möglich, und zwar nach dem Nullverfahren mittels mechanisch untereinander verbundener Leistungsmesser und dynamometrischer Strommesser, die über Meßwandler mit geeigneten Übersetzungsverhältnissen angeschlossen werden. Die auf den Leistungsmesser wirkende Spannung entspricht dabei der geometrischen Differenz der Primär- und Sekundärspannung. Auf diese Weise kann entweder die Über-

[1] Huggins, Electr. Rev. 95 (1924 S. 967; ETZ 46 (1925) S. 1004.

schreitung einer bestimmten Temperaturgrenze gemeldet oder der jeweilige Widerstand und damit die Temperatur ermittelt werden. Soll die Messung für die einzelnen Wicklungen getrennt durchgeführt werden, so ist auf den Transformatorenschenkeln eine Hilfswicklung anzuordnen, die eine der EMK proportionale Spannung abzugreifen gestattet. Damit ist die Möglichkeit gegeben, den Spannungsabfall in seinen primären und sekundären Anteil zu zerlegen. Zu beachten ist, daß der auf solche Weise gemessene Widerstand nicht der Gleichstrom-, sondern der Wechselstromwiderstand ist Bei Wicklungen mit hohen Wirbelstromverlusten kann deshalb die Temperatur nicht unmittelbar aus dem Widerstandswert errechnet werden; es ist vielmehr eine empirische Eichung des Gerätes bei verschiedenen Belastungen des Transformators notwendig. Im zweiten Teil der Arbeit wird der Nachweis erbracht, daß die Widerstandsmessung statt mit mehreren gekuppelten Geräten auch mit einem einzigen Leistungsmesser durchgeführt werden kann.

R. K.

DK 621.318.38 : 621.34

Über den Schwingankermotor. [Nach Th. Buchhold, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 4, S. 269; 6 S., 8 Abb.]

Unter einem Schwingankermotor sei im folgenden ein Wechselstrommagnet verstanden, dessen Anker durch eine Feder in Resonanz mit dem pulsierenden Wechselfeld gebracht wird. Ein solcher Anker, der mit der Frequenz 100 schwingt, vermag Arbeit zu leisten. Schwingankermotoren, welche üblicherweise nur für kleine Leistungen in Frage kommen, werden als Antrieb für Kaffeemahlmaschinen, Laubsägen und Kleinkompressoren gebraucht. In dem vorliegenden Aufsatz werden die Rückwirkungen der mechanischen Schwingungen auf den elektrischen Strom und die notwendige Blindleistung solcher Motoren untersucht. Um allzu große mathematische Schwierigkeiten zu vermeiden und um übersichtliche Ergebnisse zu bekommen, wird bei einer Reihe von Untersuchungen von der Annahme sehr kleiner Schwingungen ausgegangen, eine Annahme, die ja auch der elementaren Theorie des schwingenden Pendels zugrunde gelegt wird. Aus den theoretischen Untersuchungen folgt, daß ein solcher Schwingankermotor eine dritte Stromharmonische aufnehmen muß, welche von derselben Größenordnung wie die erste Wirkharmonische ist. Weiter folgt, daß der Blindstrombedarf eines Schwingankermotors ein erheblicher ist und von der abzugebenden Wirkleistung und von dem mittleren Luftspalt, mit dem man arbeitet, abhängt.

Geräte und Stromrichter.

DK 621.386.16

Eine Röntgenröhre zur Untersuchung von Kristallstrukturen. [Nach J. E. de Graaf u. W. J. Oosterkamp, Philips techn. Rdsch. 3 (1938) S. 263; 9 S., 11 Abb.]

Eine Röntgenröhre, deren Strahlung ein reines Spektrum besitzt und die kurze Belichtungszeiten bei Beugungsbildern ermöglicht ohne schwer bedienbar zu sein, wird von J. E. de Graaf und W. J. Oosterkamp beschrieben. Die Anode *A* der gezeichneten Röhre (Abb. 4) ist in ein Chrom-Eisen-Gefäß *G* eingelötet, an das als Träger der Kathode *K* ein Glasstutzen *S* angeschweißt ist. Die ganze Röhre ist in einer Metallhülle *M* untergebracht, die ebenso wie die Anode und der Metallmantel des Hochspannungskabels *H* zur Kathode geerdet ist. Das Anodengefäß wird zur Kühlung von Wasser durchspült und besitzt seitlich zwei Fenster *F* aus Lindemannglas, welches Röntgenstrahlen kaum absorbiert. Für den unmittelbaren Austritt der Röntgenstrahlen aus dem Entladungsraum im gemeinsamen Schirmzylinder *Z* sind nur einige kleine Öffnungen *O* vorgesehen, durch die Sekundärelektronen in schädlicher Menge zu den Fenstern nicht gelangen können. Als Elektronenlinse wirkt eine kreisförmige Platte *P*, die auf Kathodenpotential steht und die in einer runden Öffnung die Kathode trägt. Durch Verlegung des Hochspannungspoles in die Kathode wird jeder Berührung spannungführender Teile vorgebeugt; außerdem wird erreicht, daß die Kühlwasserzuführung einfach an die Wasserleitung gelegt werden kann. Durch gedrungenen Aufbau konnte der Rohrdurchmesser auf 60 mm beschränkt werden, wobei die höchstzulässige Betriebsspannung noch 60 kV betrug, die Röhre also auch für Laue-Aufnahmen noch geeignet erscheint. Die Kamera kann bei diesem Aufbau bis auf etwa 35 mm dem Brennfleck genähert werden, was zur Erzielung kurzer Belichtungszeiten sehr wichtig ist. Da man es im Fall der Röntgenstrahlen mit einer Oberflächenstrahlung zu tun hat, ist das Lambertsche Gesetz hier nicht erfüllt. Die Leuchtdichte ist also in schräger Richtung um $1/\sin\varphi$ größer als bei senkrechter Betrachtung, wenn φ der Betrachtungswinkel ist und der Brennfleck die Form eines Rechteckes von der Breite b und der Länge $b/\sin\varphi$ hat, in der Richtung φ somit als Quadrat von der Seitenlänge b erscheint. Bei der beschriebenen Röhre wurde entsprechend einem festgelegten Winkel φ von 6° ein Strichfokus von $1{,}2 \cdot 12$ mm Größe gewählt und so eine außerordentliche Leuchtdichte des Brennfleckes erreicht. Die spez. Belastbarkeit des Brennfleckes konnte bei einer Kupferanode von 2 mm Stärke auf 60 W/mm² gebracht werden gegenüber 25 W/mm² bei gewöhnlichen luftgekühlten Röhren; wurden 0,5 mm starke Plättchen aus Wolfram oder Molybdän auf den Kupferkörper der Anode gelötet, so war noch eine spez. Belastung von 70 W/mm² zulässig. Die Homogenität der Brennfleckbelastung, die anzustreben ist, weil eine inhomogene Belastung des Brennfleckes Stellen verschiedener Leuchtdichte liefert, die verschiedene, gegeneinander verschobene Interferenzbilder entstehen lassen, wird durch einen Glühfaden erreicht, dessen emittierenden Teile alle in einer Ebene parallel zur Anode liegen. Grundbedingung für die Möglichkeit der Erzielung eines reinen Röntgenspektrums ist die Vermeidung von Verunreinigungen der Anodenoberfläche. Die aufprallenden Elektronen erzeugen im Anodenstoff eine Röntgenstrahlung mit einem kontinuierlichen Spektrum, dem sich das für das Element charakteristische Linienspektrum überlagert, aus dem die gewünschte Linie durch ein Filter aus einem Element niedrigerer Ordnungszahl ausgesiebt werden kann. Die Verunreinigung mit einem anderen Element bewirkt das Entstehen weiterer charakteristischer Linien, die vom vorgesehenen Filter nicht immer ganz absorbiert werden, so daß keine monochromatische Strahlung erreichbar ist. Meistens verunreinigt Wolfram, das vom Glühfaden beim Auftreten von Wasserdampfresten als Oxyd verdampft und an der kälteren Anode zu Metall reduziert wird, die Anode. In der beschriebenen Röhre wurde daher ein Getter verwendet, so daß nach einer Betriebsdauer von 1000 h die Intensität der Wolframlinie im erhaltenen Spektrum erst 1 bis 2% von der Intensität der gewünschten Strahlung betrug.

E. C. M.

A Anode
B Bleimantel
F Fenster
G Gefäß
H Hochspannungszuführung
K Kathode
M Metallhülle
O Öffnungen
P kreisförmige Platte
S Glasstutzen
Z Schirmzylinder

Abb. 4. Röntgenröhre für Strukturuntersuchungen.

DK 621.3.066.6 : .017.71

Über die Erwärmung punktförmiger Kontakte bei konstanter Strombelastung. [Nach A. Avramescu, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 4, S. 261; 8 S., 6 Abb.]

Nachdem die physikalischen Vorgänge in Kontakten beim Stromdurchgang durch die Untersuchungen von L. Binder und R. Holm als weitgehend aufgeklärt betrachtet werden können, versucht der Verfasser die Berechnung des Temperaturfeldes den tatsächlichen Verhältnissen möglichst anzupassen. Es werden nur die Temperaturverhältnisse im Beharrungszustande für Punktkontakte behandelt und zwar für reine Ausbreitungswiderstände (metallische Brücken) und für reine Übergangswiderstände (Fremdschichten im Kontakt). Nach Aufstellung der vollständigen Differentialgleichung für die kugelige Wärmeausbreitung bei metallischer Leitung, wird der Einfluß der Temperaturabhängigkeit von Stoffgrößen in Rech-

nung gezogen und diese für den Beharrungszustand stufenweise durchgeführt. Es wird gezeigt, daß für die Berechnung die Temperaturfunktion der Größe ϱ/k (spez. elektrischer Widerstand geteilt durch Wärmeleitfähigkeit) maßgebend ist, die auf Grund der letzten Untersuchungen genau nachgebildet werden kann. Die sich ergebende Differentialgleichung zweiter Ordnung von besonderer Form ist vom Verfasser gelöst worden, das Temperaturfeld im Beharrungszustande bei Berücksichtigung der Änderlichkeit von Stoffwerten ermittelt und mit dem Felde für konstante Stoffgrößen sowohl rechnerisch wie graphisch (für Kupfer) verglichen. Es ergibt sich, daß, im Gegensatz zum Falle mit konstanten Stoffwerten, die Temperatur der Kontaktstelle bei Überschreitung einer gewissen Stromstärke wohl unendlich anwachsen kann. Die Grenzstromstärke wird für Kupfer zu $I = 2{,}22 \cdot 10^5 \cdot r_0\,A$ und für Aluminium zu $I = 1{,}39 \cdot 10^5 \cdot r_0\,A$ ermittelt, worin r_0 den Halbmesser der Ersatzkugelschale gleichen Ausbreitungswiderstandes in cm ist. Es wird weiter bewiesen, daß, obwohl die Ergebnisse mit periodischen Funktionen ausgedrückt werden, die Feldfunktionen im Bereiche, der für das Argument allein in Frage kommt, durchaus aperiodisch sind, sowie es physikalisch zu erwarten war. Dann wird auf die Behandlung des punktförmigen Übergangswiderstandes eingegangen und in gleicher Weise das Temperaturfeld im Beharrungszustande ermittelt. Es zeigt sich, daß die Wärme bei gleicher Kontakttemperatur für Übergangswiderstände nicht soweit in den Kontaktkörper vordringt wie für Ausbreitungswiderstände. Setzt man aber beide Widerstände gleich, so ergibt die Rechnung dieselbe Höchsttemperatur im Kontakt. In der Wahrheit treten beide Fälle gemeinsam auf, ein Umstand, der wegen der Linearität der Differentialgleichungen durch die Überlagerung der Felder berücksichtigt werden kann.

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.764 + .782.083.94

Schlupf- und Belastungsmesser mit stetiger Anzeige. [Nach P. Böning, Arch. techn. Messen 89 (1938), V 3611—1; 2 S., 4 Abb.]

Ein Schlupfmesser für Asynchronmotoren sollte folgende Bedingungen erfüllen: 1. Unabhängigkeit vom Läuferstrom. 2. Verwendbarkeit für Wechsel- und Drehstrommotoren. 3. Brauchbarkeit für kleinen, großen und negativen Schlupf. 4. Stetige Angabe des Augenblickswerts. 5. Fernmessung. 6. Kleiner Leistungsverbrauch. Ein Gerät, das diesen Forderungen gerecht wird, baut sich auf folgender Grundlage auf. Wird eine rechteckige Drahtschleife um eine waagerechte Achse (parallel zu einer Seite, in der Schleifenebene) von einem zweipoligen Synchronmotor gedreht und gleichzeitig mit Wechselstrom der Kreisfrequenz ω_1 aus dem gleichen Netz beschickt, so stellt sich ein magnetischer Fluß senkrecht zur Schleifenebene ein, der folgende Merkmale hat. Es genügt, die Änderung der Flußdichte $\mathfrak{B}_t$ senkrecht zur Drehachse, etwa in der Mitte der Schleife zu betrachten. Ihre trigonometrische Analyse ergibt, daß sie in zwei Komponenten zerlegt werden kann, von denen die erste räumlich feststeht und zeitlich konstant ($0{,}5\,\mathfrak{B}_{t\max}$) ist. Die andere Komponente dagegen hat die gleiche Größe, aber ihre Richtung dreht sich mit der Winkelgeschwindigkeit $2\,\omega_1$ im Sinne der Schleifendrehung (schneller Drehfluß). Ordnet man innerhalb der Schleife, drehbar um die Schleifenachse, eine Magnetnadel an, so ist die Wirkung der schnellen Drehflußkomponente auf sie Null. Sie stellt sich daher auf die festliegende Richtung der ersten Komponente ein.

Wird die Schleife dagegen von einem Asynchronmotor angetrieben, so bleibt die Richtung dieser Komponente nicht in gleicher Lage, sondern sie dreht sich — wie die Ableitung ergibt — mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega' = \omega_1 - \omega_2$ entgegen dem Drehsinn der Schleife, wenn ω_2 die Winkelgeschwindigkeit der Schleife, also auch die des Motors ist. Die Nadel folgt diesem langsamen Drehfluß; ihre Drehzahl ist gleich der Schlupfdrehzahl $n' = n_1 - n_2$. Wird die Nadeldrehzahl in irgendeiner Weise gemessen, so wirkt die Anordnung als Schlupfmesser und — im praktischen Arbeitsbereich des Motors — als Belastungsmesser. Die Anordnung gestattet nun ohne weiteres, die augenblickliche Schlupfdrehzahl an einem Anzeigegerät abzulesen, gegebenenfalls an einem entfernten Ort. Dazu stehen bereits bekannte und erprobte Verfahren zur Verfügung, z. B. das Impulsmeßverfahren. Bei einer Ausführung des Geräts tritt an die Stelle der Schleife eine Wicklung, die in Nuten eines ständerähnlichen Drehkörpers aus Isolierstoff angeordnet ist. Zwei Schleifringe dienen der Stromzuführung. Die Magnetnadel wird ersetzt durch einen Läufer aus Koerzit 600. Zwischen Ständer und Läufer ist ein dünnwandiger Zylinder aus Isolierstoff angebracht, um die Luftbewegung vom Läufer abzuhalten. Für mehrpolige Motoren wird das Gerät ebenfalls mehrpolig ausgeführt oder mittels eines Getriebes mit veränderlicher Übersetzung angetrieben. *eb.*

DK 621.317.4 : 538.123

Über eine Verbesserung des magnetischen Spannungsmessers nach Rogowski. [Nach E. Baum, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H 4, S 275; 2 S., 2 Abb.]

Der magnetische Spannungsmesser von Rogowski, der zur Bestimmung des Linienintegrals $\int_A^B \mathfrak{H}\,dl$ zwischen den Punkten A und B eines magnetischen Feldes dient, besteht aus einem Streifen eines nichtmagnetischen Werkstoffs, auf den zwei gegenläufige Lagen Kupferdraht aufgebracht sind. Die wesentliche Bedingung ist die, daß auf die Längeneinheit möglichst gleichviel Windungen kommen. Diese Forderung läßt sich technisch nicht erfüllen, weil immer Ungleichmäßigkeiten in der Dicke des Drahtes und der Isolation auftreten. Die Fehler in der Gleichmäßigkeit der Bewicklung wurden so festgestellt, daß der Spannungsmesser um eine Spule gelegt war, in der ein Strom bekannter Stärke floß. Verschiebt man den Spannungsmesser in gleichen Schritten durch die Spule und mißt man jeweils die an den Enden der Wicklung auftretende Spannung, so sind die Abweichungen vom Mittelwert proportional den Fehlern der Bewicklung. Zur Ausgleichung der Fehler wurden auf den Spannungsmesser zusätzliche Windungen aufgebracht, die mit der Hauptwicklung in Reihe geschaltet waren. Die Stellen des Spannungsmessers, für die die gemessene EMK kleinere Werte hatte, erhielten mehr Windungen, die Stellen, für die die EMK größer war, erhielten weniger Windungen. Es ließ sich so erreichen, daß die Fehler, die bei dem gewöhnlichen Spannungsmesser 4% betrugen, mit zwei aufgebrachten Zusatzwicklungen auf 0,5% gesenkt werden konnten. Durch bessere Anordnung der Kompensationswicklung läßt sich leicht eine beliebig genaue Ausgleichung der Bewicklungsfehler erreichen.

DK 621.317.784.082.62

Thermische Leistungsmesser von großer Genauigkeit und Empfindlichkeit; Berechnungen und Versuche. [Nach Joh. Fischer, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 4, S. 242; 19 S., 11 Abb.]

Die praktische Bedeutung der thermischen Leistungsmesser, die reine Widerstandsschaltungen haben, liegt in der Eignung für hohe Frequenzen, in der weitgehenden Unabhängigkeit von der Kurvenform und in der in einigen Schaltungen außerordentlich hohen Empfindlichkeit, die sie für manche Untersuchungen von Wechselstromschaltungen besonders geeignet erscheinen läßt. Grundsätzlich wichtig ist, daß die thermischen Leistungsmesser Leistungen auch bei verzerrten Kurvenformen definitionsmäßig richtig messen. Von den wichtigsten Schaltungen benutzt die eine Art zwei oder vier, die andere drei thermische Meßwerke. Als solche werden gegenwärtig in erster Linie mittelbar geheizte thermoelektrische Meßwerke angewandt. Ein kurzer Überblick über die historische Entwicklung wird gegeben. Die Genauigkeit der Leistungsmessung ergibt sich aus den Fehlerquellen, die in den Eigenschaften der thermoelektrischen Meßwerke begründet liegen. In der Arbeit werden der Einstellvorgang bei ungleichen thermischen Zeitkonstanten, der Anwärmefehler, der Temperaturfehler, als Gründe für die Anwendung konstruktionsgleicher thermoelektrischer Meßwerke behandelt, ferner der Belastungsfehler, der hauptsächlich durch die Abweichung der Kennlinie der thermoelektrischen Meßwerke von dem genauen quadratischen Gesetz begründet ist, und der eine Vieldeutigkeit der Anzeige zur Folge hat; Mittel zur Berechnung, Milderung oder Behebung dieses Fehlers werden gezeigt. Für zwei wichtige, besonders empfindliche, reine Widerstandsschaltungen wird der Zusammenhang zwischen dem Strom im Anzeiger und anzuzeigender Leistung berechnet, hieraus werden die Eigenschaften beider Leistungsmesser beurteilt und ihre Empfindlichkeiten miteinander verglichen, wobei sich die Schaltung mit drei thermoelektrischen Meßwerken als besonders empfindlich herausstellt. Die dem Quadrat des Stromes im Verbraucher proportionale Fehlanzeige und ihre Beseitigung durch einfache elektrische Schaltmittel wird beurteilt. Die Eigenschaften der so veränderten Schaltungen werden untersucht, ihre Empfindlichkeiten verglichen und ihre Ausführbarkeit bei kleinsten Spannungen untersucht, wobei sich zeigt, daß die empfindlichere Schaltung mit drei thermoelektrischen Meßwerken von gewissen Einschränkungen frei ist, die der anderen Schaltung mit zwei Meßwerken anhaften. Ferner werden die

Eigenschaften der beiden Schaltungen für den Fall untersucht, daß die Grenzen der Belastbarkeit der thermischen Meßwerke berücksichtigt werden müssen. Ein Zahlenbeispiel zeigt die größere Empfindlichkeit der Schaltung mit drei thermischen Meßwerken. Bei den Messungen wird zunächst über die genaue Aufnahme der Kennlinie in Abhängigkeit vom Heizstrom berichtet, darauf über den Aufbau eines hochempfindlichen Leistungsmessers aus drei thermoelektrischen Meßwerken. Die Eichkurve ergab sich als völlige Gerade, ohne jeden Belastungsfehler. Ohne besonders empfindliche thermoelektrische Meßwerke mit einer Stromempfindlichkeit von rd. 0,8 $\mu V/mA^2$ und ohne besonders günstige Anzeigegeräte war die Meßgrößenempfindlichkeit für das benutzte Zeigergerät rd. 1 SkT $= 0{,}175 \times 10^{-3}$ W, für das benutzte Spiegelgalvanometer rd. 1 cm $= 26 \cdot 10^{-6}$ W im empfindlichsten Fall. Die Schaltung wurde mit und ohne Beseitigung der Fehlanzeige benutzt; die Fehlerbefreiung wurde durch Nebenwiderstände im Thermokreis vorgenommen. Durch einen einfachen Umschalter kann ohne Änderung im Stromkreis der Verbraucherstrom gemessen werden, ebenso unter einer gewissen Einschränkung die Klemmenspannung. Mittels eines Generators mit gut sinusförmiger Spannungskurve wurden in Abhängigkeit von der Frequenz bis 10 000 Hz einige Wechselstromschaltungen untersucht, nämlich ein kleiner Tauchspulenlautsprecher, bei dem in einer tiefen Resonanz sowohl die akustisch abgestrahlte Wirkleistung, als auch der Einfluß des Schallschirmes gemessen wurden, ferner ein Papierwickelkondensator, bei dem der Frequenzgang des Wirkwiderstandes und des Verlustwinkels bestimmt wurden, ferner als nichtlinearer, komplizierter Wechselstromverbraucher ein kleiner Trockengleichrichter in Vierwegschaltung; schließlich wurden die Eigenschaften eines Wechselstrommeßgerätes in Abhängigkeit von der Frequenz aufgenommen, das einen Trockengleichrichter enthält.

DK 621.317.44

Stromwaage zur Messung magnetischer Felder und Suszeptibilitäten. [Nach A. R. Kaufmann, Rev. sci. Instrum. 9 (1938) S. 369; 2½ S., 1 Abb.]

Eine lange, einlagige Spule mit n Windungen auf 1 cm ist mit ihrer Achse parallel zum Feld so aufgehängt, daß sich das untere Ende in dem starken Feld $\mathfrak{H}_2$ in der Mitte, das obere im schwachen Feld $\mathfrak{H}_1$ befindet. Die von der Felddifferenz $\mathfrak{H}_2 - \mathfrak{H}_1$ auf die vom Strom i durchflossene Spule ausgeübte Kraft ist $F = \frac{n\,i\,A}{10} \cdot (\mathfrak{H}_2 - \mathfrak{H}_1)$ dyn. A ist die Spulenfläche senkrecht zur Achse. Der Verfasser weist nach, daß diese Formel nicht nur für eine gleichmäßig vom Strom durchflossene Fläche, sondern auch für eine Wicklung ohne Rücksicht auf die Steigung der Windungen gültig ist. Zur genauen Bestimmung von n und A wird Verlegung eines bandförmigen Leiters in Spiralnuten empfohlen. Stromzuführungen sind bifilar und parallel zum Feld zu verlegen. Als Genauigkeit für absolute Messung wird 0,1%, für Relativmessung 0,01% angegeben.

Zur Messung der Suszeptibilität langer Stäbe werden diese in den Spulenkörper eingelegt. Es wird der Strom bestimmt, durch den die Wirkung des Feldes aufgehoben wird. Die Messung wird mit einem Zusatzgewicht wiederholt. Die Suszeptibilität $\varkappa$ der Probe ist dann für $\mathfrak{H}_1 = 0$:

$$\varkappa = \frac{2\,n^2 A_1^2 (i_1 - i_3)(i_2 - i_1)}{100\,A\,g\,G};$$

hierin ist A_1 die Spulenfläche; A der Querschnitt der Probe; g die Gravitationskonstante; G das Zusatzgewicht; i_1 der Strom für Spule plus Probe; i_2 der Strom für Spule plus Probe plus Zusatzgewicht; i_3 der Strom für Spule allein.

Die Genauigkeit der Suszeptibilitätsbestimmung ist nur halb so groß wie die der Feldmessung, da n und A quadratisch eingehen, vorausgesetzt, daß die Anzeigegeräte empfindlich genug sind. Beispiele für Spulenwicklungen werden aufgeführt. *K. W. K.*

DK 621.317.44

Ein unmittelbar anzeigendes, handliches Meßgerät für mittlere bis stärkste magnetische Felder. [Nach A. Deubner, Phys. Z. 39 (1938) S. 716; 1½ S., 1 Abb.]

Für viele Zwecke der Forschung und der technischen Fertigung besteht immer noch ein empfindlicher Mangel an handlichen Meßgeräten zur schnellen Bestimmung der magnetischen Feldstärke. Ein neues, einfaches Meßgerät beruht auf der Richtkraft, die das zu messende magnetische Feld auf ein Stäbchen aus weichem Eisen ausübt, dessen Achse etwa um 45° von der Feldrichtung abweicht (Abb. 5). Das Eisenstäbchen E befindet sich am unteren Ende einer nicht ferromagnetischen Achse A mit guter Spitzenlagerung. Das obere Ende dieser Achse trägt einen Zeiger Z, der gegenüber dem Eisenstäbchen um 45° versetzt ist und im Augenblick der Messung in die Feldrichtung (bzw. antiparallel zum Feld) weist. Das obere Ende der Achse ist über eine Spiralfeder F an einen Drehknopf K mit einem zweiten Zeiger S gekoppelt, so daß die auf das Eisenstäbchen wirkende Richtkraft jeweils durch eine bestimmte Einstellung des Drehknopfes und dessen Zeiger, also durch eine entsprechende Spannung der Spiralfeder, ausgeglichen werden kann. Der Zeiger des Drehknopfes gleitet auf einer unmittelbar in Örsted oder einer anderen Einheit geeichten Skala und gibt die zu messende Feldstärke an, wenn der mit der Achse verbundene Zeiger in der Feldrichtung liegt. Ist die Feldrichtung nicht von vornherein bekannt, so zeigt das Gerät nach Aufsuchen der jeweils größten Richtkraft ebenfalls Betrag und Richtung (um 180° unbestimmt) des zu messenden Feldes an. Im allgemeinen können nur Feldstärken oberhalb der Koerzitivkraft des Stäbchens gemessen werden. Bei geeigneter Bauart dürfte das Gerät nicht nur für statische sondern auch für Wechselfelder brauchbar sein. *Ktn.*

A Achse, E Eisenstäbchen, F Spiralfeder, K Drehknopf, S Ablesezeiger, Z Einstellzeiger

Abb. 5. Feldstärke-Meßgerät.

DK 621.317.723 + .774 + 621.314.222.3 + 621.314.224.3

Elektrostatische Spannungsmeß- und Synchronisiereinrichtung mit Meßwandlern. [Nach J. Müller-Strobel, Bull. schweiz. Elektrotech. Ver. 29 (1938) H. 24, S. 686; 9 S., 13 Abb.]

Das Bedürfnis, Hochspannungsanlagen sehr genau zu überwachen, warf die Frage auf, wie einfache Spannungsmeß- und Synchronisiereinrichtungen ohne großen Kostenaufwand gebaut werden können. Der nächstliegende Gedanke war der, die Hochspannungsdurchführung und verwandte Apparate, Kopplungs- und Schutzkondensatoren, welche ohnehin in allen Hochspannungsanlagen vorhanden sind, als kapazitive Spannungsteiler zu verwenden. Für derartige Vorrichtungen werden die Strom- und Spannungs- bzw. Blindwiderstandsgleichungen abgeleitet und die letzteren durch Zeichnen des Blindwiderstandsdiagrammes und Spannungsübersetzungsdiagrammes erläutert. Um einen Überblick von der gegenseitigen Beeinflußbarkeit der einzelnen Schaltelemente zu erhalten, ist der Magnetisierungsstrom des Zwischen- oder Ladewandlers vernachlässigt und so der Zusammenhang zwischen Phasenspannung U_0 und Belastungs- oder Bürdenstrom I_i hergeleitet (Berichtigung der Quelle: In Gl. 2 lese an Stelle von $\mathfrak{Z}_i\,\mathfrak{Z}_i$ das Produkt $\mathfrak{Z}_1\,\mathfrak{Z}_l$). Der Bürdenstrom I_i ist vom Verhältnis der Teilkapazitäten des Spannungsteilers C_1/C_2 und vom kapazitiven Widerstand $1/\omega\,C_1$ der Kapazität C_1 abhängig. Der Einfluß der Oberwellen im Netz ist für beliebige Frequenzen aus den Gleichungen berechenbar. Bei genügend großem Widerstand des Ladewandlers ist der Oberwelleneinfluß gering. Die nötige Regelung des Übersetzungsverhältnisses und der Phasenlage wird durch die Beziehungen auch bei veränderlichen Scheinwiderständen beherrscht. *Sb.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.395.614 : 621.396.619

Gittervorspannung bei kristallgesteuerten Sendern. [Nach D. A. Bell, Marconi Rev. 71 (1938) S. 20; 2 S., 1 Abb.]

Trotz weitestgehend verlustfreiem Aufbau und Halterung in Schwingungsknoten schwingen viele Steuerquarze besonders bei hohen Frequenzen sehr schwer an, wenn sie in der Huth-Kühn-Schaltung einem hochohmigen Gitterableitwiderstand parallel liegen. Die Ursache dieser Erscheinung liegt nach D. A. Bell in der Eingangsbedämpfung durch die Gitter-Kathoden-Strecke, die beim Anlauf der Schwingung sehr viel größer ist als im eingeschwungenen Zustand. Die hier maß-

gebende Gitterstrom-Gitterspannungskennlinie einer indirekt geheizten Dreipolröhre ist in Abb. 6 dargestellt; eingezeichnet ist die einem Gitterableitwiderstand von $10^6\,\Omega$ entsprechende Widerstandsgerade, die auf der Kennlinie den Arbeitspunkt P festlegt. Der Steilheit der Kennlinie in diesem Punkt entspricht ein Eingangswiderstand von $0{,}156 \cdot 10^6\,\Omega$. Ist die Steueramplitude klein, wie dies bei Schwingungserregung meistens der Fall ist, so kann der ausgesteuerte Teil der Kennlinie annähernd als geradlinig betrachtet werden; es tritt nur eine geringe Richtwirkung ein; der Eingangswiderstand bleibt unverändert $0{,}156 \cdot 10^6\,\Omega$ und bedämpft den Kristallkreis erheblich. Im eingeschwungenen Zustand hat die Steueramplitude eine Größe von 1 V und mehr. Es findet jetzt eine erhebliche Gleichrichtung statt; ein gleichstromseitig mit einem Widerstand R_a belasteter Gleichrichter[1]) wirkt nun aber bezüglich des Wechselstromes ebenso wie ein ohmscher Widerstand von der Größe $0{,}5\ R_a$ [2]); der Eingangswiderstand der Röhre ist somit im eingeschwungenen Zustand etwa dreimal größer als gegenüber der kleinen Anregungsamplitude, so daß Kristalle, die sehr schwer anschwingen, im stabilen Endzustand wegen der nun geringeren Eingangsbedämpfung sehr gut arbeiten können. Zur Minderung der großen Eingangsbedämpfung wird vorgeschlagen, den kristallgesteuerten Sender mit negativer Gittervorspannung zu betreiben, weil dadurch die Steilheit im Arbeitspunkt kleiner und der Eingangswiderstand auch kleinen Steueramplituden gegenüber größer wird. Zulässig ist bei indirekt geheizten Dreipolröhren eine negative Gittervorspannung von durchschnittlich 1 V; bei direkt geheizten Dreipolröhren kann sie etwas höher gewählt werden. *E. C. M.*

Abb. 6. Kennlinie $i_g = f(u_g)$ bei einer indirekt geheizten Dreipolröhre.

DK 621.395.664.3

Ein einfacher Amplitudenbegrenzer für Trägerfrequenzsysteme. [Nach F. Wiegand, Europ. Fernsprechdienst (1938) H. 50, S. 373; 4½ S., 7 Abb.]

An die Linearität der Verstärker für Trägerfrequenzsysteme müssen besonders hohe Anforderungen gestellt werden, weil die durch sie übertragene Leistung wesentlich höher ist als die bei gewöhnlichen Verstärkern. Um die Verstärker besser ausnutzen zu können, ist es angebracht, für jeden Frequenzkanal die durch das Mikrophon erzeugte Dynamik des Sprachvolumens einzuschränken. Die Verringerung der Dynamik läßt sich in einfacher Weise durch Unterdrücken der großen Amplituden mit Hilfe eines Amplitudenbegrenzers erzielen. Der Amplitudenbegrenzer muß hierbei die folgenden Bedingungen erfüllen: 1. die Begrenzung darf nicht schon bei wesentlich kleineren Amplituden als vorgesehen einsetzen, 2. der Scheinwiderstand muß auch im Zustande der Begrenzung beibehalten werden, damit keine Rückflüsse beim Zusammenschalten mehrerer Systeme auftreten. Diese Forderungen lassen sich durch eine ganz bestimmte Brückenanordnung aus Kupferoxydul-Gleichrichtern erfüllen. Ersetzt man diese Brückenanordnung durch eine T-Schaltung, so ergibt sich die in der Abb. 7 dargestellte Schaltung. Hierbei sind in dem einen Zweig zwei Gleichrichter parallel geschaltet, in dem anderen Zweig liegen zwei Gleichrichter in Reihe; außerdem ist ihnen noch ein Vorstrom zugeführt, durch den die Begrenzerwirkung verbessert wird. Die Wirkungsweise der Schaltung beruht darauf, daß bei kleinen Amplituden der nichtlineare Widerstand R_1 sehr klein und der nichtlineare Widerstand R_2 sehr groß ist. Sobald die Eingangsspannung den Wert erreicht, auf den sie begrenzt werden soll (Schwellwert), ändern sich R_1 und R_2 in ganz bestimmter Weise; dabei muß die Wurzel aus dem Produkt $R_1 \cdot R_2$, die den Wellenwiderstand darstellt, stets konstant bleiben. Die Dämpfung der Schaltung ist unterhalb des Schwellwertes klein (etwa 0,1 N), sie steigt dann an und ist für $R_1/2 = 2\ R_2$ unendlich groß.

Abb. 7. Amplitudenbegrenzer.

An Hand von oszillographischen Aufnahmen wird die Wirkungsweise eines Amplitudenbegrenzers, der die Ausgangsleistung auf 3,7 mW begrenzt, erläutert. Man sieht, daß bei einer Eingangsleistung bis zu 20 mW noch eine recht brauchbare Begrenzung eintritt. Bei höheren Eingangsleistungen treten dann Einbuchtungen in der Kurve der Ausgangsspannung und damit Verzerrungen auf. Wenn man den Ausgangspegel in Abhängigkeit vom Eingangspegel aufträgt, sieht man, daß bis zum Beginn der Begrenzung die Pegelkurve um 0,1 N (Grunddämpfung unterhalb des Schwellwertes) verschoben parallel zur 45°-Linie verläuft, daß sie dann aber allmählich nach unten umbiegt. Die Amplitudenbegrenzer sind im allgemeinen für den Frequenzbereich von 300 bis 2800 Hz vorgesehen. Der Klirrfaktor bleibt im Durchlaßbereich kleiner als 2%, bei größer werdenden Amplituden steigt er dann, wie zu erwarten, an. Da aber die größeren Amplituden im Betrieb nur kurzzeitig wirksam sind, tritt trotz des höheren Klirrfaktors keine Verschlechterung der Verständlichkeit ein. Der Aufwand an Schaltelementen ist gering; der Differentialübertrager und die Gleichrichter lassen sich in einem kleinen Becher unterbringen. *Mts.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 536.4 : 621.315.612.017.142/.143

Der Einfluß der Temperatur auf den Oberflächenwiderstand und den Widerstand im Innern von Glas und Porzellan. [Nach M. E. Maryssael, Électricité 22 (1938) S. 372; 3 S., 12 Abb.]

Zwischen einer kreisförmigen Belegung von 10 mm Dmr. und einer konzentrischen ringförmigen Belegung von 36 mm innerem Dmr. wird der Oberflächenwiderstand bei 1000 V Gleichspannung, zwischen zwei kreisförmigen Belegungen auf den beiden Seiten der Isolierstoffplatten der Widerstand im Innern in Abhängigkeit von der Temperatur bis zu etwa 100° C gemessen. Während der spezifische Widerstand mit der Temperatur abnimmt, tritt beim Oberflächenwiderstand bis zu etwa 30° C zunächst ein Steigen des Widerstandes bei Gläsern um etwa zwei Größenordnungen, bei Porzellan um mindestens drei Größenordnungen auf. Sodann nimmt auch der Oberflächenwiderstand ähnlich wie der Widerstand im Innern ab. Der Verfasser führt diese Erscheinung auf das Vorhandensein einer Wasserhaut zurück, die bei etwas erhöhter Temperatur des Prüflings verschwindet. Die Kurven bei steigender und fallender Temperatur stimmen nicht überein. Dies wird durch eine Verzögerung in der Wasserabsorption während der Abkühlung erklärt. Während der Kurvenverlauf des spez. Widerstandes für Glas und Porzellan nahezu der gleiche ist, zeigt sich ein grundsätzlicher Unterschied im Oberflächenverhalten. Der Oberflächenstrom über Glas behält immer leicht meßbare Werte, während er bei Porzellan bei etwa 30° C auf unmeßbar kleine Werte sinkt. Daraus folgt, daß die Oberflächenleitfähigkeit, die zwischen aufgeklebten Elektroden ermittelt wird, durch zwei Faktoren bestimmt ist, 1. die Leitfähigkeit des Oberflächenfilmes und 2. durch den spezifischen Widerstand des Isolierstoffes. Die erstere ist im wesentlichen durch die Feuchtigkeit bedingt und verschwindet mit steigender Temperatur, die zweite ist der Temperatur direkt proportional. *Ptf.*

DK 621.319.43.062.001.2

Untersuchungen an Kreisen mit variabler Kapazität. [Nach O. Schemmrich, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 4, S. 229; 12½ S., 18 Abb.]

Ein Stromkreis bestehend aus Reihenschaltung von ohmschem Widerstand und veränderlicher Kapazität (z. B. Drehkondensator), gespeist von einer Gleichspannungsquelle, wird rechnerisch untersucht, unter der Voraussetzung, daß sich die Kapazität periodisch nach der Form einer $\cos^2$-Kurve ändert. Strom-, Spannungs- und Leistungsverlauf werden für alle praktisch möglichen Voraussetzungen ermittelt.

Der einfache Grenzfall $R = 0$ ergibt einen rein sinusförmigen Wechselstrom als erzwungene Schwingung. Das System stellt also einen Wechselrichter dar. Bei endlichem R weicht die

[1]) Die Schwingröhre wird hier als Vereinigung eines Zweipolgleichrichters mit einem anschließenden Richtstromverstärker betrachtet.

[2]) Diese Gesetzmäßigkeit gilt streng nur beim idealen Gleichrichter. Bei großen Wechselspannungen und großem Gleichstromwiderstand, wie im vorliegenden Fall, ist jedoch dieser Grenzfall praktisch gegeben. Siehe hierzu: H. Barkhausen, Elektronenröhren 4. Bd., S. 60, Leipzig, S. Hirzel 1938.

Stromkurve von der Sinusform ab; sie wird nach bestimmten Gesetzen verzerrt und zwar um so mehr, je größer Widerstand, Maximalkapazität und Änderungsgeschwindigkeit sind. Entsprechende Wahl dieser Einflußgrößen macht die verschiedensten Stromkurvenformen möglich. Am Kondensator und am ohmschen Widerstand treten dabei Wechselspannungen auf, deren Maximal-Amplituden unter Umständen das Vielfache der angelegten Gleichspannung betragen können. Der Kreis hat also neben der wechselrichtenden auch spannungserhöhende Wirkung, eine Eigenschaft, die bereits praktische Anwendung in der Meßtechnik gefunden hat.

Neben den erzwungenen Schwingungen werden auch die freien Schwingungen ermittelt und im Vergleich mit den Ausgleichvorgängen bei konstanter Kapazität dargestellt.

Bei Untersuchung der Energieverhältnisse läßt sich nachweisen, daß die gesamte während einer Halbperiode von der Batterie abgegebene elektrische Energie in der nächsten Halbperiode dieser in vollem Umfang zurückerstattet wird. Die Batterie wird also nie entladen. Die am ohmschen Widerstand in Form von Wärme verzehrte Leistung wird gedeckt durch Zufuhr mechanischer Energie an die Welle des Drehkondensators. Es findet also eine direkte Umsetzung von mechanischer in elektrische Energie und umgekehrt statt. Das System läßt sich demnach auch als Generator auffassen, der auf kapazitiver Grundlage arbeitend, ganz analog dem elektromagnetischen Generator, mechanische Energie in elektrische überführt. Der Batterie des vorliegenden Kreises kommt dabei die gleiche Rolle zu, wie der Erregung des elektromagnetischen Generators.

DK 621.315.61.012.7 : 621.3.024 + .025

Elektrische Eigenschaften der Isolierstoffe bei gleichzeitiger Beanspruchung mit Gleich- und Wechselspannung. [Nach J. C. Simmonds, Electr. Tms. 94 (1938) S. 623; 3½ S., 12 Abb.]

Im Schrifttum sind verschiedene Anordnungen beschrieben worden, um die dielektrischen Eigenschaften der Isolierstoffe bei gleichzeitiger Beanspruchung mit Gleich- und Wechselspannung messend verfolgen zu können. Im vorliegendem Falle wird eine Schering-Brücke mit Wagnerschem Hilfszweig benutzt, wobei das Nullinstrument über einen Transformator und Röhrenverstärker angeschlossen wird. Gleichzeitig wird an die Brücke eine Gleichspannung angeschlossen, die durch Gleichrichtung einer Wechselspannung hergestellt wird. Die Scheringbrücke und der zweistufige Verstärker sind vollkommen abgeschirmt. Der Eingangstransformator, ebenso wie die Transformatoren für die Speisung der Brücke sind elektrostatisch geschirmt.

Abb. 8. Dielektrischer Verlustfaktor einer 3 mm starken keramischen Platte mit großer Dielektrizitätskonstante bei gleichzeitiger Beanspruchung mit Gleichspannung.

Messungen konnten mit Spannungen bis 5000 V ausgeführt werden. Untersucht wurden drei Isolierstoffgruppen: 1. Imprägnierte Isolierstoffe wie z. B. Ölleinen, 2. Hartpapier und 3. Keramische Werkstoffe. In Schaubildern ist die Abhängigkeit des dielektrischen Verlustfaktors und der Kapazität des Prüflings von der Feldstärke bei Wechselspannung aufgetragen, wobei die Messungen mehrmals wiederholt wurden, wenn verschiedene Gleichspannungen der Wechselbeanspruchung überlagert waren. In der ersten Gruppe werden die Kurven bei Wechselspannung durch eine überlagerte Gleichspannung proportional der Höhe der zusätzlichen Beanspruchung zu höheren Werten der Kapazität und des dielektrischen Verlustfaktors parallel verschoben, bei Hartpapier ist der Einfluß verhältnismäßig sehr gering. Bei keramischen Werkstoffen blieb die Kapazität des Prüflings unverändert; der Verlustfaktor zeigt jedoch interessante Abweichungen, die bisher nicht beobachtet worden sind. Zunächst ist der Verlustfaktor von der Feldstärke fast unabhängig, um erst von einem bestimmten Werte an anzusteigen. Dieser Wert verschiebt sich nun durch eine zusätzliche Beanspruchung mit Gleichspannung zu wesentlich niedrigeren Werten, während gleichzeitig die Steilheit des Anstieges des Verlustfaktors stark zunimmt, so daß schließlich bei Beanspruchungen mit 1000 V Gleichspannung Kurven mit einem ausgesprochenen Ionisierungsknick auftreten (siehe Abb. 8). Da die Meßschwierigkeiten sicher nicht gering sind, lohnt sich eine Wiederholung und Erweiterung der vorliegenden Arbeit. *Ptf.*

Physik.

DK 537.521.001.11

Theorie der Glimmentladung. [Nach O. Scherzer, Arch. Elektrotechn. 33 (1933) H 4, S. 207; 22 S., 12 Abb.]

Die Potentialgleichung der Glimmentladung wird näherungsweise integriert unter Berücksichtigung folgender Elementarprozesse: Ionisation durch schnelle Elektronen, Auslösung von Elektronen durch Ionen beim Auftreffen auf die Kathode, Wiedervereinigung von Elektronen und Ionen im Gasraum. Der Querschnitt der Entladung wird als so groß vorausgesetzt, daß die seitliche Abwanderung von Ladungs-Trägern keine Rolle spielt. In Erweiterung einer früheren Theorie von Rogowski wird berücksichtigt, daß die schnellen Elektronen auch in den praktisch feldfreien Gebieten des negativen Glimmlichts ionisieren können Die Durchführung der Rechnung bestätigt das schon von Rogowski ausgesprochene Ergebnis, daß sich Längsstabilität, Querstabilität und Stationarität der Entladung ohne Zuhilfenahme irgendwelcher Extremal-Prinzipien verstehen lassen. Die Rogowskischen Überlegungen, nach denen das Stationärwerden der Entladung nach dem Durchschlag auf der Feldabhängigkeit der Ionisierungs-Wahrscheinlichkeit α beruht, behalten ihre Berechtigung in den Fällen, in denen die Ionisation im negativen Glimmlicht keine wesentliche Rolle spielt. Bei starker Ionisation im Glimmlicht ist die Ursache der Stationarität darin zu suchen, daß bei Stromsteigerung die Vernichtung von Ladungsträgern durch Rekombination rasch überhand nimmt. — Potentialverlauf und Charakteristik der Entladung ergeben sich qualitativ in Übereinstimmung mit der Erfahrung.

DK 550.371

Halbtägiger Gang des erdelektrischen Feldes in Störungsfällen. [Nach R. Guizonnier, C. R. Acad. Sci., Paris 207 (1938) S. 403; 2 S., 0 Abb.]

In einem kürzlich erschienenen[1]) Aufsatz hat G. Guizonnier erstmalig gezeigt, daß die sich in einer Verlagerung des zeitlichen Maximums äußernden Störungen des regelmäßigen Ganges des elektrischen Erdfeldes auf einer Störung der halbtägigen Periode des elektrischen Feldes beruhen. Verfasser prüft nun an Hand eines sehr großen Zahlenmaterials nochmals die schon früher von ihm diskutierte Frage, ob nicht vielleicht doch ein Teil der aus den Analysen der Zahlenreihen erhaltenen Ergebnisse vorgetäuscht wurde durch die besondere Art der Gewinnung der erdelektrischen Daten. Eingehende Untersuchungen ergeben jedoch mit voller Eindeutigkeit, daß derartige Bedenken nicht stichhaltig sind und daß die angewandten Analysenverfahren korrekt sind. Die schon früher angegebenen Ergebnisse werden dadurch in vollem Umfang bestätigt und in ihrer Beweiskraft verstärkt. *Bmk.*

[1]) G. Guizonnier, C. R. Acad. Sci., Paris 207 (1938) S. 372.

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84.

41. Mitgliederversammlung des VDE in Wien vom 31. Mai bis 3. Juni 1939.

Wir machen darauf aufmerksam, daß die Einladung nebst Anmeldeformular zu unserer diesjährigen Mitgliederversammlung dem Heft 15 der ETZ vom 13. 4. 1939 beigelegen hat. Das ausführliche Programm ist in der ETZ Heft 14 vom 6. 4. 1939, Seite 439, veröffentlicht.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Der Geschäftsführer:

Blendermann

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.

Ungültige Prüfzeichengenehmigungen.

Die nachstehend näher bezeichneten Genehmigungsausweise zur Führung des VDE-Zeichens haben ihre Gültigkeit verloren:

1. Fa. Elektro-Metallwerk Wipperfürth G. m. b. H., Wipperfürth.
   - a) Gen.-Nr. 7436 f. D-Sicherungen 4, 6, 10, 15, 20 u. 25 A, 500 V, Type E II,
   - b) Gen.-Nr. 7437 f. D-Sicherungen 35, 50 u. 60 A, 500 V, Type E III,
   - c) Gen.-Nr. 181/2 f. 1-pol. Aus- und Serienschalter 6 A, 250 V, f. Aufputzverlegung, Pl. Nr. 300, 300/6 A u. 302/6 A u. f. 1-pol. Ausschalter 10 A, 250 V, f. Aufputzverleg. Pl. Nr. 300/10 A,
   - d) Gen.-Nr. 3 u. Nr. 7438 f. Paßschrauben 6, 10, 15, 20 u. 25 A, 500 V, Type S II, Pl. Nr. 402/3,/4/5/6,
   - e) Gen.-Nr. 4 u. Nr. 7439 f. Stöpselköpfe 25 A, 500 V, Gew. E 27, Type K2,
   - f) Gen.-Nr. 5 u. Nr. 181/1 f. 2-pol. Steckdosen 10 A, 250 V, Pl. Nr. 905.
2. Fa. Ernst Mästling, Ulm a. D.
   - a) Gen.-Nr. 661/1 f. Volksempfänger VE 301 GW,
   - b) Gen.-Nr. 661/2 f. Volksempfänger VE 301 Wn.

Die besondere Bekanntmachung der obenerwähnten ungültigen Genehmigungen erfolgt gemäß § 7,2 der Prüfordnung der VDE-Prüfstelle, weil die Genehmigungsausweise von den genannten Firmen nicht zurückgegeben wurden bzw. nicht zurückgegeben werden konnten.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Dall

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Bezirksversammlung

am Dienstag, dem 25. April 1939, 20⁰⁰, im Großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22.

Vortrag des Herrn Marineoberbaurat Ch. Breitenstein, Berlin, über das Thema:

„Elektrische Anlagen auf Kriegsschiffen".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Theoretische Elektrotechnik".

Leiter: Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Oberingenieur Dr. phil. F. Strecker, Berlin, am Donnerstag, dem 27. April 1939, um 20^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Die Anwendung der Matrizenrechnung in der Elektrotechnik"

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Röhrentechnik" (Leiter: Direktor Dr. phil. H. Kerschbaum VDE) in Gemeinschaft mit der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft E. V., Bezirksgruppe Berlin.

Vortrag

des Herrn Dr.-Ing. A. Dresler, Berlin, am Donnerstag, dem 27. April 1939, um 20^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Zur Technologie der Lichtquellen, Beispiele aus der Fertigung von Glühlampen und Gasentladungslampen".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Elektromaschinenbau".

Leiter: Professor Dr.-Ing. M. Kloß VDE.

Vortrag

des Herrn Ingenieur Dr. techn. A. Grabner VDE, Wien, am Dienstag, dem 2. Mai 1939, um 20^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsal EB 301, über das Thema:

„Über die Entwicklung des Einphasenkollektormotors und seine Stromwendung".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im VDE-Haus, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Elektrizitätswerke. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. B. J. v. d. Knesebeck VDE.
21. 4. 1939 Vortragsreihe „Aufgaben aus der Verbundwirtschaft": „Gesättigte Drosseln zur Spannungshaltung in Großkraftübertragungen", Vortragender: Obering. Dr.-Ing. W. v. Mangoldt VDE.

Elektromaschinenbau. Leiter. Ingenieur K. Bätz VDE.
24. 4. 1939 Vortragsreihe „Grenzen im Bau von Gleichstrommaschinen und Umformern": „Konstruktive Grenzen", Vortragender: Ingenieur F. Sprengel.

Fernmeldetechnik. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. K. Wagner VDE.
25. 4. 1939 „Berechnungsmethoden in der Fernmeldetechnik (Berechnung von Netzwerken und Leitungen)", Vortragender: Physiker E. Hameister VDE.

Kabel und Leitungen. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. O. Gasser VDE.
26. 4. 1939 „Stoßspannungsprüfung von Hochspannungskabeln", Vortragender: Dipl.-Ing. H. W. Leichsenring VDE.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
27. 4. 1939 „Hochvakuumröhren", Vortragender: Dr. Heinze.

Industrieanlagen. Leiter: Dr.-Ing. R. v. Meibom VDE.
28. 4. 1939 „Unfallverhütung in Industrieanlagen", Vortragender: Dipl.-Ing. M. Drenig.

Elektrizitätswerke. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. B. J. v. d. Knesebeck VDE.
12.5.1939 „Besichtigung des Westkraftwerks der Bewag", Berlin-Spandau, Otternbuchtstraße. Treffpunkt: um 15[00] pünktlich am Haupteingang — Anmeldung — des Westwerks. Teilnahme nur für Reichsdeutsche. Die Besucherliste liegt am AG-Abend am 21.4.39 zwecks Eintragung aus. Nachträgliche Anmeldungen telephonisch schnellstens unter 340011/2107.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein

Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Danzig. 24. 4. (Mo), 20[15], T. H.: „Neue Werkstoffe in der Elektrotechnik" (m. Lichtb.). Obering. Wiesthaler.

VDE Bezirk Köln. 21. 4. (Fr.), 20[00], Lese-Gesellschaft: „Allgemeine Gesichtspunkte für neuzeitliche Schutzanlagen von Kabel- und Leitungsnetzen". Dipl.-Ing. Thewalt VDE.

VDE Bezirk Niederrhein, Krefeld. 26. 4. (Mi), 20[00], Palasthotel Rheydt: „Die Wahl der Spannung bei der Planung von Industrieanlagen". Dr.-Ing. A. L. Müller VDE.

VDE Bezirk Niedersachsen, Hannover. 25. 4. (Di), 20[00], T. H.: „Ausgleichvorgänge in anschaulicher Betrachtungsweise" (m. Vorführ.). Dr.-Ing. H. Tischner.

VDE Bezirk Ostsachsen, Dresden. 27. 4. (Do), 19[55], El. Inst. T. H.: „Selektivschutzeinrichtungen für Industrieanlagen". Dipl.-Ing. Thewalt VDE.

VDE Bezirk Südsachsen, Stützpunkt Plauen. 24. 4. (Mo), 20[00], Ratskeller: „Praktische Erfahrungen im Überspannungsschutz" (m. Lichtb. u. Filmen). Dr.-Ing. G. Frühauf VDE.

VDE Bezirk Weser-Ems, Stützpunkt Wilhelmshaven. 25. 4. (Di), 20[00], Parkhaus: „Elektronenmikroskope". Dr.-Ing. Schaffernicht.

Gauamt für Technik der NSDAP Baden, gemeinsam mit der Gauwaltung des NSBDT Karlsruhe. 5. bis 7. 5. (Fr. bis So): Gautagung der Technik in Karlsruhe.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Bezirksgruppe Berlin. 27. 4. (Do), 20[00], T. H.: „Zur Technologie der Lichtquellen, Beispiele aus der Fertigung von Glühlampe und Gasentladungslampe". Dr.-Ing. A. Dresler.

BRIEFE AN DIE ETZ.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Wissenschaftlichen Leitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Ergänzende Zuschrift zum Aufsatz E. Weise,
„Physikalische Eigenschaften und technische Anwendungen von Halbleiterwiderständen",
ETZ 59 (1938) S. 1085.

Durch Herrn K. Maier VDE, Berlin, wurde ich freundlichst darauf aufmerksam gemacht, daß die Praxis des Trockengleichrichters bewiesen hat, daß eine wesentliche Gegensperrschicht heute auch nach längerer Betriebszeit nicht auftritt, so daß diesbezügliche Bedenken grundlos geworden sind. Meine Angaben habe ich dem Schrifttum entnommen. Veröffentlichungen entsprechend den Angaben von Herrn Maier bestehen nicht.

Ferner legt Herr Maier Wert auf die Mitteilung, daß auch R. Seeliger (Angewandte Atomphysik; Jul. Springer, Berlin 1938) rein elektrolytisch leitende Festkörper zu den Halbleitern zählt.

Berlin, 4. 3. 1939. Erwin Weise.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechungen vorbehalten.]

Bücher.

Preisbildung und Warenregelung. II. Teil: Eisen- und Metallwirtschaft. Ergänzungslieferung Nr. 24, 25 (m. Sammelordner) und 26.

Rechentechnik. Rechentafeln und Sonderrechenstäbe. Von Dipl.-Ing. M. Zühlke. (Veröff. Nr. 116 des Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit). Mit 106 Abb., VIII u. 212 S. im Format A 5. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1938. Preis kart. 5,60 RM.

Verarbeitung von Leichtmetallen in der Stanzereitechnik. Herausg. vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit. Mit 47 Abb. u. 112 S. im Format A 5. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1939. Preis kart. 3,80 RM.

Handbuch der Rohrleitungen. Allgemeine Beschreibung, Berechnung und Herstellung nebst Zahlen- und Linientafeln. Von Dir. F. Schwedler. 2. Aufl. Neubearb. unter Mitwirkg. v. Dipl.-Ing. H. von Jürgensonn. Mit 227 Abb., 11 Tafeln, VIII u. 253 S. im Format 160×235 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1939. Preis geb. 33 RM.

Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie. 8. Auflage. Herausg. von der Deutschen Chemischen Gesellschaft. System-Nr. 39: Seltene Erden. Lfg. 1: Einleitender Überblick. Geschichtliches. Vorkommen. Preis kart. 19 RM. — System-Nr. 68: Platin. Teil A. Lfg. 1: Geschichtliches. Vorkommen. Preis kart. 22 RM. Format 180×260 mm. Verlag Chemie, G. m. b. H., Berlin 1938.

Lehrbuch der Mathematik. Zum Selbstunterricht und für Studierende der Naturwissenschaften und der Technik. Eine Einführung in die Differential- und Integralrechnung und die analytische Geometrie. Von Dr. Dr.-Ing. G. Scheffers. 7. Aufl. Mit 438 Abb., VIII u. 743 S. im Format 160×240 mm. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1938. Preis geb. 15 RM.

Differential- und Integralrechnung unter besonderer Berücksichtigung neuerer Ergebnisse. Von Prof. Dr. phil. O. Haupt unter Mitarbeit von Prof. Dr. phil. G. Aumann. (Göschens Lehrbücherei Bd. 24—26.) Bd. 1: Einführung in die reelle Analysis. Mit 2 Abb. u. 196 S. Preis geb. 11,20 RM. — Bd. 2: Differentialrechnung. Mit 1 Abb. u. 168 S. Preis geb. 9,80 RM. — Bd. 3: Integralrechnung. Mit 183 S. Preis 10,60 RM. Format 160×235 mm. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1938.

Gewöhnliche Differentialgleichungen. Von Prof. Dr. G. Hoheisel. 3. Aufl. (Sammlung Göschen Nr. 920.) Mit 126 S. im Format 110×160 mm. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1938. Preis geb. 1,62 RM.

Grundlagen der Mathematik. Das Hilfswissen für den Techniker. Von Studienrat Dr. W. Mischke. Mit zahlr. Abb. u. 175 S. im Format A 5. Otto Elsner Verlagsgesellschaft, Berlin — Wien — Leipzig 1939. Preis kart. 3,90 RM.

Mitteilungen des bulgarischen Normen-Instituts. Nr. 1, 1939. Herausgeber: Bulgarisches Institut für Normen, Sofia, Ul. Slavianska, 2.

Doktordissertationen.

Hans-Rüdiger Jappe, Beitrag zur Berufsgenossenschaftlichen Unfallbekämpfung und -Statistik in der deutschen Eisen- und Stahlindustrie. T. H. Danzig 1937.

Alexander Mühlinghaus, Bestimmung der Eigenwellen von induktiv erregten Spulen mit Eisenkern. T. H. Danzig 1937.

Ulrich Neubert, Elektrostatischer Generator mit in Preßgas laufenden Ladungsbändern. T. H. Danzig 1938.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. Norman Lieber VDE, Berlin-Halensee, Johann-Sigismundstraße 16.

Dr.-Ing. habil. Harald Müller VDE, Berlin-Grunewald, Delbrückstraße 23.

Obering. Eberhard von der Trappen VDE, Berlin-Karlshorst, Königswinterstraße 1.

Dipl.-Ing. G. H. Winkler VDE, Berlin-Schlachtensee, Am Schlachtensee 128.

Abschluß des Heftes: 14. April 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 27. April 1939 | Heft 17

Zur Fachbuchwerbung 1939.

Fachbuch und Fachzeitschrift als geistiges Rüstzeug braucht der deutsche Ingenieur heute nötiger als je, um den Forderungen gewachsen zu sein, die Gegenwart und Zukunft an ihn im Inland und Ausland stellen:

Im Innern unseres Großdeutschen Reiches gilt es, die wirtschaftliche Freiheit unseres Volkes durch Ausschöpfung aller technischen Möglichkeiten zu wahren und nach außen, im friedlichen Wettstreit der Völker, durch beste Wertarbeit den Absatz für unsere Erzeugnisse zu sichern.

Deshalb muß auch in Zeiten wie der gegenwärtigen, die im Zeichen des Vierjahresplanes alle Kräfte jedes Einzelnen anspannt, neben der Arbeit des Alltages auch die fachliche Weiterbildung zu ihrem Recht kommen.

Dafür steht außer den Fachzeitschriften, die teils den großen Überblick über ein Gebiet geben, teils wichtige Einzelfragen herausgreifen, eine Fülle ausgezeichneter Fachbücher bereit; sie ermöglichen jedem, seine fachlichen Kenntnisse zu erweitern und zu vertiefen und damit tüchtiger und leistungsfähiger zu werden.

Möge das Fachbuch auch im Kreise der deutschen Elektrotechnik einen hohen Wirkungsgrad haben!

Dr.-Ing. K. Rißmüller, Vorsitzender des VDE.

Über die physikalische Deutung der Magnetisierungsvorgänge in ferromagnetischen Werkstoffen.

Von Martin Kersten, Berlin.

DK 538.2

Übersicht. Der gegenwärtige Stand der Theorie der „technischen Magnetisierungskurve“ wird zusammenfassend dargestellt*). Es wird gezeigt, wie Remanenz, reversible Magnetisierungsarbeit, Anfangspermeabilität, Koerzitivkraft und Hysterese im Rahmen der in den letzten Jahren entwickelten physikalischen Anschauungen auf die mechanischen Eigenspannungen, die Magnetostriktion und andere Werkstoffeigenschaften zurückgeführt worden sind.

Ferromagnetische Werkstoffe haben in der Elektrotechnik eine vielseitige und umfangreiche Anwendung gefunden. Die technischen Anforderungen, die an solche Werkstoffe gestellt werden müssen, unterscheiden sich für die einzelnen Anwendungsgebiete außerordentlich stark. Es gibt daher in der neuzeitlichen Technik viele ferromagnetische Sonderwerkstoffe mit sehr verschiedenen magnetischen Eigenschaften. Besonders seit dem Weltkriege hat auf diesem Gebiet eine rege Forschungs- und Entwicklungstätigkeit eingesetzt, die wesentlich zu den allgemeinen Fortschritten der Elektrotechnik beigetragen hat.

Die „Züchtung“ der vielen neuen Sonderwerkstoffe wäre kaum möglich gewesen, wenn die technisch wichtigen magnetischen Eigenschaften allein von der chemischen Zusammensetzung der Werkstoffe abhängen würden. Der starke Einfluß des Werkstoff z u s t a n d e s auf die magnetischen Eigenschaften hat vielmehr neben dem Einfluß der chemischen Zusammensetzung erst die Grundlage für die technischen Fortschritte auf diesem Gebiete gegeben.

Allerdings war man bei der Entwicklung der magnetischen Werkstoffe bis vor wenigen Jahren ausschließlich auf die geschickte Verwertung der umfangreichen Erfahrungstatsachen angewiesen, die im Laufe vieler Jahrzehnte gesammelt worden sind. Das Bedürfnis nach einem einheitlichen physikalischen Bild, in das diese vielseitigen Erfahrungstatsachen verständlich eingeordnet werden können, ist daher gerade seitens der technischen Entwicklung wesentlich gesteigert worden. Aus diesem Grunde haben sich in den letzten Jahren neben einigen Hochschulinstituten besonders die Laboratorien der Elektroindustrie um die physikalische Deutung der Magnetisierungsvorgänge in ferromagnetischen Werkstoffen bemüht.

Die Aufgabe einer solchen Deutung besteht im wesentlichen darin, die maßgebenden Bestimmungsgrößen der Hystereseschleife, d. h. die Anfangspermeabilität, die (reversible) Magnetisierungsarbeit, die Remanenz und die Koerzitivkraft auf bestimmte Werkstoffeigenschaften zurückzuführen, und zwar möglichst auf elementare Eigenschaften der Atome und Kristallgitter. Die Lösung dieser Aufgabe ist in letzter Zeit zu einem gewissen ersten Abschluß gelangt. Daher ist es heute möglich, diese erste Stufe der Deutung der technischen Magnetisierungsvorgänge in einem kurzen Rückblick so darzustellen, daß ein im großen und ganzen vollständiges Bild entsteht. Dieses Bild der technischen Magnetisierungsvorgänge, das von den Physikern aus vielen einzelnen Bausteinen zusammengesetzt worden ist, soll im folgenden in möglichst anschaulicher Weise dargelegt werden. Dabei werden viele, auch technisch wichtige Einzelheiten nicht berücksichtigt, um die wesentlichen Grundlagen deutlich hervorheben zu können.

*) Vortrag, gehalten im VDE-Bezirk Berlin am 13. 12. 38 (Fachgebiet Elektrophysik). Die sich an den Vortrag anschließende Aussprache wird zusammen mit dem Schluß des Aufsatzes veröffentlicht.

1. Die Bestimmungsgrößen der Hystereseschleife.

Die wichtigsten Bestimmungsgrößen der „Technischen Magnetisierungskurve“, deren Deutung den Gegenstand dieses Aufsatzes bildet, sind in Abb. 1 an einer gemessenen Hystereseschleife besonders hervorgehoben. Die theoretischen Beziehungen, die in Abb. 1 eingetragen worden sind, sind zunächst nicht zu beachten; auf die Ableitung und Bedeutung dieser Beziehungen wird später näher eingegangen werden.

Magnetisierung $\mathfrak{J}$/Gauß
5000
$U \approx \lambda_s \sigma_i$
$U_h \approx 2 \mathfrak{J}_s \mathfrak{H}_c \approx 2 \lambda_s \sigma_i \cdot \frac{l/\delta}{1+(l/\delta)^2}$
$\mathfrak{J}_s$
$\mathfrak{J}_r = \mathfrak{J}_s \overline{\cos \vartheta} \approx \mathfrak{J}_s/2$
$\varkappa_a \approx \frac{2}{9} \frac{\mathfrak{J}_s^2}{\lambda_s \sigma_i}$
500
$\mathfrak{H}_c \approx \frac{\lambda_s \sigma_i}{\mathfrak{J}_s} \cdot \frac{l/\delta}{1+(l/\delta)^2}$
Feldstärke $\mathfrak{H}$/Oersted

λ_s Sättigungsmagnetostriktion
σ_i „Mittelwert“ der mechanisch[illegible]en Eigenspannungen
l deren „Wellenlänge“
δ Dicke der „Wand“ zwischen den Weißschen Bezirken
ϑ ($\leq 90°$) Winkel zwischen Feld und „Vorzugslage“

Abb. 1. Hystereseschleife eines bis zu[illegible]m Riß plastisch gereckten, vorher rekristallisierten Nickeldrahtes. Die Bedeu[illegible]tung der theoretischen Beziehungen für die Anfangssuszeptibilität $\varkappa_a$, die rev[illegible]ersible Magnetisierungsarbeit U, die Remanenz $\mathfrak{J}_r$, die Koerzitivkraft $\mathfrak{H}_c$ u[illegible]nd die Hysteresearbeit U_h wird im Text eingehend er[illegible]läutert.

Die in Abb. 1 dargestellte Hyste[illegible]reseschleife, die uns nur als Beispiel für irgendeine „nor[illegible]male“[1]) Hystereseschleife dienen soll, wurde an einem [illegible] Nickeldraht gemessen, der vor der Messung bei etwa [illegible] 900 ° C „weich“ geglüht (rekristallisiert) und dann durch [illegible]eine hinreichend starke Zugbelastung bis zum Riß plastisch[illegible] gereckt worden war. Als Ordinate für Abb. 1 wurde [illegible] nicht die Induktion $\mathfrak{B}$, sondern die für unsere folgenden Betrachtungen zweckmäßigere Magnetisierung $\mathfrak{J}$ gewä[illegible]hlt. Diese stellt bekanntlich das magnetische Moment je [illegible]Volumeneinheit dar und ist mit der Induktion $\mathfrak{B}$ durch [illegible]die Beziehung

$$\mathfrak{B} = \mathfrak{H} + 4\pi \mathfrak{J}$$

(in elektromagnetischen CGS-Einheiten) bzw. durch die Größengleichung

$$\mathfrak{B} = \mu_0 \mathfrak{H} + \mathfrak{J}$$

verknüpft. Im zweiten Falle ergibt sich beispielsweise $\mathfrak{B}$ in Gauß (G), wenn die Feldstärke $\mathfrak{H}$ in Oersted und die Magnetisierung $\mathfrak{J}$ in Gauß (G) gemessen werden, wobei die Permeabilität des leeren Raumes durch

[1]) Anomale Hystereseschleifen, deren Form wesentlich von der in Abb. 1 dargestellten abweicht, werden im folgenden trotz ihrer technischen Bedeutung nur so weit berücksichtigt, wie es für die Deutung der „normalen“ Schleifen zweckmäßig erscheint.

$\mu_0 = 1$ G/Oersted gegeben ist ($\mathfrak{J}$ in Gauß $\hat{=} 4\pi\mathfrak{J}$ im CGS-System). Wenn nichts anderes gesagt wird, werden alle folgenden Beziehungen nur für CGS-Einheiten aufgestellt, da sich hier besonders einfache Zahlenfaktoren ergeben.

Unsere weiteren Betrachtungen betreffen nun folgende, in Abb. 1 hervorgehobene Größen:

1. Die Anfangssuszeptibilität $\varkappa_a = \lim\limits_{\substack{\mathfrak{H}\to 0\\ \mathfrak{J}\to 0}} \frac{d\mathfrak{J}}{d\mathfrak{H}}$ bzw. die Anfangspermeabilität $\mu_a = 1 + 4\pi\varkappa_a$, d. h. die Neigung der praktisch linearen Magnetisierungskurve $\mathfrak{J} = f(\mathfrak{H})$ in schwachen Feldern in der Umgebung des jungfräulichen Ausgangszustandes ($\mathfrak{H} \approx 0, \mathfrak{J} \approx 0$). Diese Größe ist bekanntlich für die Fernmeldetechnik, die mit schwachen Strömen und Magnetfeldern arbeitet, von besonderer Bedeutung.

2. Die Magnetisierungsarbeit $\int\limits_{\mathfrak{J}=0}^{\mathfrak{J}_s} \mathfrak{H}\, d\mathfrak{J}$, die aufgewendet werden muß, um den Werkstoff vom jungfräulichen Ausgangszustand zur (technischen) „Sättigungsmagnetisierung" $\mathfrak{J}_s$ durch ein äußeres Feld $\mathfrak{H}$ zu magnetisieren. Diese Magnetisierungsarbeit zerfällt in einen irreversiblen Anteil, der als Hysteresewärme „verloren" geht, und einen reversiblen Anteil U, der bei Ausschalten des Feldes zurückgewonnen werden kann. Die reversible Magnetisierungsarbeit U wird in Abb. 1 ziemlich genau dargestellt durch die schraffierte Fläche zwischen der $\mathfrak{J}$-Achse, der Geraden $\mathfrak{J} = \mathfrak{J}_s$ und dem „absteigenden Ast" der Hystereseschleife zwischen der Sättigung $\mathfrak{J}_s$ und der Remanenz $\mathfrak{J}_r$. Die reversible Magnetisierungsarbeit ist für die Starkstromtechnik besonders dann von Belang, wenn im praktischen Betriebe hohe Scheitelwerte der Magnetisierung in der Nähe der Sättigung $\mathfrak{J}_s$ bei möglichst geringer Feldstärke erreicht werden sollen.

3. Die Remanenz $\mathfrak{J}_r$, wobei wir uns hier auf deren oberen Grenzwert nach der Magnetisierung bis zur Sättigung $\mathfrak{J}_s$ beschränken. Diese Größe ist besonders für Dauermagnete von technischem Belang.

4. Die Koerzitivkraft $\mathfrak{H}_c$, besser das „Koerzitivfeld" $\mathfrak{H}_c$, das angelegt werden muß, um die Magnetisierung wieder von $\mathfrak{J} = \mathfrak{J}_r$ auf $\mathfrak{J} = 0$ herabzudrücken. Auch diese Größe ist u. a. für Dauermagnete von wesentlicher Bedeutung.

Das Produkt aus der Koerzitivkraft $\mathfrak{H}_c$ und der Remanenz $\mathfrak{J}_r$ stellt ein rohes Maß für den Energieinhalt der Dauermagnete und ferner für die Hystereseverluste U_h der „normalen" ferromagnetischen Werkstoffe[2]) dar. Auch andere technisch wichtige Größen, wie beispielsweise die „Maximalpermeabilität", können mindestens ungefähr aus den obengenannten Größen abgeleitet werden. Ich beschränke mich darum im folgenden darauf zu zeigen, wie die reversible Magnetisierungsarbeit U, die Remanenz $\mathfrak{J}_r$, die Anfangssuszeptibilität $\varkappa_a$ und die Koerzitivkraft $\mathfrak{H}_c$ auf bestimmte Werkstoffeigenschaften zurückgeführt worden sind.

2. Die spontane Magnetisierung.

Die Grundlage für die Deutung dieser Größen, die die Hystereseschleife bestimmen, bildet die Hypothese der „spontanen Magnetisierung", die von P. Weiß vor etwa 30 Jahren aufgestellt worden ist[3]). Nach dieser Hypothese ist jeder ferromagnetische Stoff bereits ohne Einwirkung eines äußeren magnetischen Feldes bis zur (technischen) Sättigung $\mathfrak{J}_s$ magnetisiert, deren Betrag im wesentlichen nur von der Temperatur abhängt; mit steigender Temperatur nimmt er ab und verschwindet bei der Curietemperatur. Eine makroskopische Magnetisierung ist ohne Einwirkung eines magnetisierenden Feldes nur deshalb nicht zu beobachten, weil die spontane Magnetisierung der vielen einzelnen magnetischen Teilbereiche, der „Weißschen Bezirke", im jungfräulichen Zustande gleichmäßig über alle räumlichen Richtungen verteilt ist. Ein resultierendes magnetisches Moment kommt erst bei der magnetischen Ausrichtung der Elementarbezirke durch ein hinreichend starkes äußeres Feld zustande.

Diese Anschauung ist inzwischen durch viele Versuchsergebnisse stark gestützt worden, obwohl Weiß seinerzeit mit den Mitteln der klassischen Physik die Entstehung der spontanen Magnetisierung nicht befriedigend erklären konnte. Auf Grund der Quantentheorie hat erst Heisenberg vor etwa zehn Jahren eine Deutung der spontanen Magnetisierung gefunden[4]). Nach Heisenberg entsteht die spontane Magnetisierung dadurch, daß im Kristallgitter die magnetischen Momente bestimmter Elektronen der Atome, die „Elektronenspins", durch die sehr starken quantenmechanischen „Austauschkräfte" parallel ausgerichtet werden, während bei den nichtferromagnetischen (paramagnetischen) Stoffen die Antiparallelstellung den stabilen Zustand tiefster Energie darstellt.

Für unsere folgenden Betrachtungen dürfen wir demnach die einzelnen spontan magnetisierten Weißschen Bezirke als Elementarmagnete auffassen, die jeweils aus sehr vielen untereinander parallelgerichteten Elektronenmagneten bestehen. Das magnetische Moment eines solchen Elementarmagneten je Volumeneinheit ist gleich der (technischen) Sättigungsmagnetisierung $\mathfrak{J}_s$, die nach Ausrichtung aller Elementarmagnete in einem hinreichend starken äußeren magnetischen Feld in bekannter Weise gemessen werden kann. Es ist von vornherein klar, daß die Größe und Gestalt der spontan gesättigten Weißschen Bezirke nicht genau festliegt, sondern von Fall zu Fall noch von weiteren Umständen abhängt. Die absolute Größe der Weißschen Bezirke ist für unsere folgenden Betrachtungen unwesentlich. Auch auf die Deutung des Betrages und der Temperaturabhängigkeit der spontanen Magnetisierung $\mathfrak{J}_s$ brauchen wir hier nicht einzugehen. Wir betrachten die spontane Magnetisierung $\mathfrak{J}_s$ als eine vorgegebene Werkstoffeigenschaft.

3. Die energetischen Vorzugslagen der spontanen Magnetisierung.

Die grundlegende Frage für die Deutung der technischen Magnetisierungskurve ist nun folgende:

> Warum erfordert die parallele Ausrichtung der Elementarmagnete, also in technischer Ausdrucksweise die Magnetisierung zur technischen Sättigung $\mathfrak{J}_s$, ein endliches äußeres Feld, und worin bestehen die Kräfte, die sich der Ausrichtung der Elementarmagnete nach der experimentellen Erfahrung offensichtlich entgegenstellen?

Man hat früher versucht, diese Erscheinung modellmäßig auf eine Art von Haftreibung der Elementarmagnete zurückzuführen, die erst durch endliche Feldstärken überwunden werden könnte. Diese modellmäßige Vorstellung ist von Lord Rayleigh schon vor 50 Jahren durch den experimentellen Nachweis widerlegt worden[5]), daß kleine Magnetisierungsänderungen in schwachen Feldern praktisch fast ohne Hysterese, also reversibel verlaufen. Ewing hat versucht, die endliche Magnetisierungsarbeit und die Hysterese modellmäßig durch die magnetische Wechselwirkung frei drehbarer Magnetnadeln zu erklären. Auch dieses Modell kann die Versuchsergebnisse nicht befriedigend wiedergeben.

Die Gestalt der normalen Hystereseschleife (Abb. 1) weist deutlich darauf hin, daß die gesuchten Richtkräfte der Elementarmagnete, die dem Einfluß des äußeren Feldes $\mathfrak{H}$ entgegenwirken, so beschaffen sein müssen, daß sie die Elementarmagnete nach dem Abschalten des Feldes mehr oder weniger vollständig wieder in eine „Anfangslage" zurückziehen. Nur bei einer derartigen Arbeitsweise der an den Elementarmagneten angreifenden Richt-

[2]) Vgl. Fußnote 1.
[3]) P. Weiß, Phys. Z. 9 (1908) S. 358.
[4]) W. Heisenberg, Z. Phys. 49 (1928) S. 619.
[5]) Lord Rayleigh, Phil. Mag. 23 (1887) S. 225.

kräfte ist es möglich, daß nach der Einwirkung kleiner Feldstärken ($\mathfrak{H} \ll \mathfrak{H}_c$) die resultierende Magnetisierung $\mathfrak{J}$ nach dem Abschalten des Feldes praktisch wieder vollständig verschwindet (Bereich der reversiblen Suszeptibilität in schwachen Feldern) oder nach der Magnetisierung bis zur Sättigung $\mathfrak{J}$ wenigstens bis auf die beträchtlich geringere remanente Magnetisierung $\mathfrak{J}_r$ zurückkehrt. Die Natur der so beschaffenen Richtkräfte erkennen wir nun ohne weiteres, wenn wir einige bekannte, für diese Zusammenhänge grundlegende Versuchsergebnisse betrachten (Abb. 2).

Abb. 2. Einige für die Deutung der Magnetisierungsvorgänge grundlegende Versuchsergebnisse. a Eiseneinkristall, Feld $\mathfrak{H}$ in verschiedenen Kristallrichtungen angelegt, b Nickel nach plastischer Verformung durch die Zugspannung σ, c Ansteigen der Koerzitivkraft $\mathfrak{H}_c$ durch Aushärten, d Permalloydraht (78,5 Ni, 21,5 Fe) unter Zugbelastung σ, e Nickeldraht unter Zugbelastung σ.

Abb. 2a zeigt zunächst zwei Magnetisierungskurven eines Eiseneinkristalles, bei deren Messung das magnetisierende Feld einmal in der Richtung der Würfelkante [100] und andernfalls in der Richtung der Würfeldiagonale [111] angelegt worden ist[6]). (Bei dem für Abb. 2a gewählten Maßstab liegt die Hysteresefläche bzw. die Koerzitivkraft innerhalb der Strichdicke.) Dieser Befund läßt sich formal durch folgende Annahmen deuten:

Die Elementarmagnete werden bei Abwesenheit eines magnetischen Feldes an jeder Stelle des Werkstoffes in einer der sechs Würfelkantenrichtungen der kubischen Eisenkristalle elastisch festgehalten. Zum „Herausdrehen" der Elementarmagnete durch ein äußeres Feld $\mathfrak{H}$ in eine andere kristallographische Richtung muß gegen diese elastische Richtkraft eine erhebliche Magnetisierungsarbeit

$$\int_{\mathfrak{J}=0}^{\mathfrak{J}_s} \mathfrak{H}\, d\mathfrak{J} \approx 4 \cdot 10^5 \text{erg/cm}^3 \text{ bei Eisen in der [111]-Richtung}$$

geleistet werden; die vollständige Sättigung wird daher in einer solchen „schweren Richtung" erst bei hohen Feldstärken erreicht (vgl. Abb. 2a). Dagegen erfordert das „Umklappen" der Elementarmagnete aus einer „kristallographischen Vorzugsrichtung" in eine andere kristallographische Vorzugsrichtung (Würfelkanten bei Eisen, Würfeldiagonalen bei Nickel) einen verhältnismäßig geringen Arbeitsaufwand. In der Richtung einer Würfelkante [100] werden die Elementarmagnete im Eisen daher schon durch ein verhältnismäßig schwaches äußeres Feld parallel gestellt.

Im technischen vielkristallinen Ferromagnetikum äußert sich diese kristallographische Anisotropie darin, daß zur magnetischen Sättigung mindestens eine Magnetisierungarbeit $U = \int_{\mathfrak{J}=0}^{\mathfrak{J}_s} \mathfrak{H}\, d\mathfrak{J}$ erforderlich ist, deren Betrag zwischen dem für die [100]-Richtung (U_{100}) und dem für die [111]-Richtung am Einkristall gemessenen Betrage (U_{111}) liegt, und die oft schlechthin als (magnetische) „Kristallenergie" bezeichnet wird.

Da wir für die folgenden Betrachtungen die Kristallanisotropie und die Kristallenergie $K = U_{111} - U_{100}$ nur wenig benötigen, wollen wir auf ihre noch nicht befriedigend gelungene Deutung[7]) nicht eingehen.

Die übrigen in Abb. 2 dargestellten experimentellen Befunde zeigen, daß außer den kristallographischen Richtkräften noch andere, unter Umständen viel stärkere Richtkräfte die Elementarmagnete festzuhalten suchen, und daß diese anderen Kräfte auf mechanische Spannungen im Werkstoff zurückgeführt werden müssen.

Nach Abb. 2b steigt die Koerzitivkraft eines weichgeglühten (rekristallisierten) Nickeldrahtes von 0,5 auf 35 Oersted an, wenn dieser Draht durch eine Zugbelastung von 60 kg/mm² bis zum Riß plastisch gereckt wird. Gleichzeitig fällt die Anfangspermeabilität von 300 auf 20 G/Oersted ab[8]). (Dabei ist zu beachten, daß in diesem Falle jeweils im entspannten Zustand, also nach Entfernung der äußeren Zugbelastung σ gemessen wurde.) Ähnlich starke Änderungen der magnetischen Eigenschaften ergeben sich durch andere Verfahren der Kaltverformung, beispielsweise durch Walzen, Hämmern oder Ziehen.

Es liegt nahe, diese starken Änderungen der gemessenen magnetischen Eigenschaften auf die Eigenspannungen zurückzuführen[9]), die sich infolge der plastischen Verformung im Werkstoffe ausbilden. Außer durch plastische Verformungen können solche Eigenspannungen bekanntlich auch durch eine Aushärtung unterkühlter metallischer Lösungen im Sinne des Duralumins entstehen. Hierbei wird der unlösliche Bestandteil aus dem unterkühlten Mischkristall bei geeigneten Temperaturen in äußerst feiner Verteilung ausgeschieden und erzeugt dabei starke Eigenspannungen. Diese kommen (mindestens teilweise) dadurch zustande, daß die ausscheidenden Bestandteile Volumenänderungen gegenüber dem Mutterkristall mit sich bringen[10]). Diese Art der Entstehung von Eigenspannungen wird für die Herstellung der neuzeitlichen Dauermagnete in starkem Umfange ausgenutzt. Als Beispiel zeigt Abb. 2c für eine aushärtbare Fe-Ni-Be-Legierung nach Messungen von Preisach[11]) den Anstieg der Koerzitivkraft mit der Anlaßzeit bei einer geeigneten Temperatur (700° C). Auf die Deutung des in Abb. 2c durchlaufenen Höchstwertes der Koerzitivkraft wird später noch besonders eingegangen werden.

Während Abb. 2b und c den starken Einfluß statistisch verteilter, mikroskopischer Eigenspannungen verdeutlichen, sind in Abb. 2d und e zwei experimentelle Beispiele für den Einfluß einer makroskopischen, durch äußere Kräfte erzeugten homogenen Zugspannung wiedergegeben. Bestimmte Legierungen weisen nach Preisach[12])

6) K. Honda u. S. Kaya, Sci. Rep. Tôhoku Univ. 15 (I) (1926) S. 721; W. L. Webster, Proc. roy. Soc., Lond. A 109 (1928) S. 570.

7) s. z. B. N. S. Akulov, Z. Phys. 52 (1928) S. 389.

8) M. Kersten, Z. Phys. 71 (1931) S. 563 u. 575; vgl. u. a. J. A. Ewing, Phil. Trans. roy. Soc., Lond. A 179 (1888) S. 327; W. Gerlach, Z. Phys. 39 (1926) S. 327.

9) R. Becker, Z. Phys. 62 (1930) S. 253.

10) vgl. A. Kußmann u. B. Scharnow, Z. Phys. 54 (1929) S. 1.

11) F. Preisach, Phys. Z. 33 (1932) S. 913.

12) F. Preisach, Ann. Phys., Lpz. 3 (1929) S. 737.

bei einer hinreichend starken Zugbelastung streng rechteckförmige Hystereseschleifen auf (Abb. 2 d). Andere Legierungen und besonders Nickel verlieren bei Zugbelastung die bekannte starke Anfangskrümmung der Magnetisierungskurve in der Umgebung der Koerzitivkraft $\mathfrak{H}_c$; die Magnetisierung steigt vielmehr in einem großen Feldbereich nahezu linear mit dem Feld an, wobei die Neigung $\mathfrak{J}/\mathfrak{H}$ der Zugspannung σ umgekehrt proportional ist (Abb. 2 e). Die Remanenz wird dabei durch die Zugbelastung auf sehr geringe Beträge (einige Prozent der Sättigung $\mathfrak{J}_s$) herabgesetzt[13]).

Die in Abb. 2 b bis e wiedergegebenen Versuchsergebnisse weisen deutlich darauf hin, daß außer den kristallographischen Richtkräften noch andere, offenbar durch mechanische Spannungen bedingte Richtkräfte auf die Elementarmagnete einwirken. Wir werden auf die in Abb. 2 dargestellten grundlegenden Versuchsergebnisse noch wiederholt zurückkommen.

λ_s Sättigungsmagnetostriktion σ Zug- bzw. Druckspannung in der Richtung des Feldes $\mathfrak{H}$ E_s Elastizitätsmodul bei magnetischer Sättigung $\mathfrak{J}_s$

Abb. 3. Zur Entstehung der elastischen „Vorzugslage" der spontanen Magnetisierung und der Richtkräfte durch die Magnetostriktion $\Delta l/l = \lambda_s$ und die mechanische Spannung σ.

Eine einfache Erklärung für die Richtwirkung mechanischer Spannungen auf die Elementarmagnete ergibt sich nach R. Becker bei Berücksichtigung der gemessenen Beträge der Magnetostriktion[14]). Abb. 3 soll verdeutlichen, wie durch das Zusammenwirken von mechanischen Spannungen und Magnetostriktion bestimmte Richtkräfte auf die Elementarmagnete ausgeübt werden. In Abb. 3 a sind in schematischer Darstellung vier Weißsche Bezirke im jungfräulichen Ausgangszustand gezeichnet. Die Richtung der Pfeile soll jeweils die Richtung der spontanen Magnetisierung andeuten. Je zwei Pfeile sind gegenparallel gestellt, um (wenigstens in erster Ordnung) das resultierende magnetische Moment $\mathfrak{J} = 0$ zu erhalten. Werden diese Weißschen Bezirke durch ein hinreichend starkes Feld $\mathfrak{H}_s$ zur Sättigung $\mathfrak{J}_s$ parallel ausgerichtet (Abb. 3 b), so erfahren sie eine Längenänderung, die der Messung zugängliche „Sättigungsmagnetostriktion" $\Delta l/l = \lambda_s$. Eine Volumenänderung ΔV tritt dabei im allgemeinen nicht merklich auf, so daß eine Quermagnetisierung entsprechend Abb. 3 c in der gleichen Längsrichtung eine Verkürzung um $1/2 \cdot \lambda_s$ gegenüber dem Ausgangszustand ($\mathfrak{H} = 0$) zur Folge hat. Eine Drehung der spontanen Magnetisierung um 90° ist demnach im allgemeinen mit einer magnetostriktiven Längenänderung $3/2 \cdot \lambda_s$ in der Richtung der Ausgangslage verbunden.

Wie Abb. 3d am Beispiel der Eisen-Nickel-Legierungen zeigt, hängt die Magnetostriktion λ_s nicht nur von der Zusammensetzung, sondern auch noch mehr oder weniger stark von der kristallographischen Richtung ab, in der das magnetisierende Feld angelegt wird[15]). Außerdem gibt es Stoffe mit positiver und andere mit negativer Magnetostriktion. Zur Vereinfachung beschränken wir die folgenden Betrachtungen vorwiegend auf solche Stoffe, die in allen kristallographischen Richtungen entweder nur positive Magnetostriktion (z. B. eine Legierung aus 70 % Ni und 30 % Fe) oder nur negative Magnetostriktion (z. B. Nickel) aufweisen. Die theoretischen Ergebnisse bleiben trotzdem in gewissem Umfang auch für die anderen Stoffe mit Vorzeichenwechsel der Magnetostriktion gültig, sofern die Größe λ_s dann in geeigneter Weise etwas anders als oben definiert wird.

Abb. 3 e soll nun andeuten, wie beispielsweise bei einem Ferromagnetikum mit positiver Magnetostriktion λ_s durch eine homogene Druckbelastung mechanische Richtkräfte auf die Elementarmagnete ausgeübt werden. Die Druckspannung σ bewirkt zunächst wie bei jedem nichtferromagnetischen Metall eine elastische Stauchung. Dabei kann jedoch ein ferromagnetisches Metall selbst bei Abwesenheit eines magnetisierenden Feldes $\mathfrak{H}$ der Druckbelastung um einen zusätzlichen Betrag nachgeben, wenn durch eine entsprechende Drehung der Elementarmagnete außer der normalen elastischen Stauchung noch eine magnetostriktive Verkürzung bewirkt wird, die in unserem Falle $\lambda_s/2$ beträgt. Die von außen angelegte Druckspannung zwängt daher die Elementarmagnete bei Abwesenheit eines äußeren Feldes in eine bestimmte stabile Anfangslage hinein (s. Abb. 3 e). Ein Herausdrehen der Magnetisierung aus dieser energetischen „Vorzugslage" erfordert einen endlichen Arbeitsaufwand. Die Magnetisierungsarbeit $U = \int_{\mathfrak{J}=0}^{\mathfrak{J}_s} \mathfrak{H}\, d\mathfrak{J}$, die zur Sättigung unseres in Abb. 3 e modellmäßig dargestellten Ferromagnetikums durch ein äußeres Feld $\mathfrak{H}_s$ in der Druckrichtung benötigt wird, läßt sich ohne weiteres angeben, da bei diesem Magnetisierungsvorgang infolge der gleichzeitigen magnetostriktiven Verlängerung $3/2 \cdot \lambda_s$ die mechanische Arbeit $3/2 \cdot \lambda_s \sigma$ (je Volumeneinheit) gegen die Druckbelastung σ geleistet werden muß (s. Abb. 3 e und f). Die Versuchsergebnisse[16]) bestätigen tatsächlich, daß die Magnetisierungsarbeit $U = \int_{\mathfrak{J}=0}^{\mathfrak{J}_s} \mathfrak{H}\, d\mathfrak{J}$ eines Ferromagnetikums mit „Quervorzugslage" (Abb. 3 e) infolge einer homogenen Spannung σ fast genau der mechanischen Arbeit $3/2 \cdot \lambda_s \sigma$ der Magnetostriktion $3/2 \cdot \lambda_s$ gegen die Spannung σ gleichkommt [vgl. Abb. 3 g[17])]. Bei negativer Magnetostriktion (z. B. bei Nickel) entsteht die „Quervorzugslage" nicht durch Druck, sondern, wie eine einfache energetische Überlegung zeigt[14]), quer zur Richtung einer Zugspannung σ.

Bei den normalen magnetischen Werkstoffen treten an die Stelle einer von außen angelegten Belastung die stets vorhandenen inneren Werkstoffspannungen. Solche Eigenspannungen entstehen in verwickelter räumlicher Verteilung nicht allein durch plastische Verformung oder durch Ausscheidungshärtung, sondern auch durch irgendwelche Verunreinigungen oder Gitterstörungen. Diese Eigenspannungen halten die „Elementarmagnete" bei Abwesenheit eines äußeren Feldes in bestimmten Vorzugslagen elastisch fest. Bei Magnetisierungsänderungen, die mit magnetostriktiven Dehnungen verknüpft sind, wird daher gegen die Eigenspannungen eine bestimmte mechanische Arbeit geleistet[18]), die dem äußeren magnetisierenden Felde $\mathfrak{H}$ entnommen werden muß.

[13]) W. Thomson, s. z. B. J. A. Ewing, Magnetische Induktion, Berlin 1892, § 121; R. Becker u. M. Kersten, Z. Phys. 64 (1930) S. 670.

[14]) R. Becker u. M. Kersten, Z. Phys. 64 (1930) S. 660 [im Anschluß an R. Becker, Z. Phys. 62 (1930) S. 253].

[15]) F. Lichtenberger, Ann. Phys., Lpz. 15 (1932) S. 69; dort weiteres Schrifttum.

[16]) M. Kersten, Z. Phys. 71 (1931) S. 572.

[17]) Die „idealen" Magnetisierungskurven unseres einfachen Modells (Abb. 3e u. g) kommen den entsprechenden gemessenen Kurven sehr nahe, insbesondere hinsichtlich ihrer Abhängigkeit von der Spannung σ. Aus durchaus verständlichen Gründen (Kristallenergie, Eigenspannungen usw.) bleibt die Neigung $\mathfrak{J}/\mathfrak{H}$ dieser gemessenen $\mathfrak{J}(\mathfrak{H})$-Kurven allerdings nicht bis zur Sättigung $\mathfrak{J}_s$ unverändert (s. Fußnote 16).

[18]) N. S. Akulov, Z. Phys. 64 (1930) S. 825; M. Kersten, ebenda 76 (1932) S. 508.

Der grundlegende Befund, daß die Magnetisierungsarbeit oder ganz allgemein die für Magnetisierungsänderungen benötigte Feldenergie $\int_{\mathfrak{J}_1}^{\mathfrak{J}_2} \mathfrak{H}\, d\mathfrak{J}$ mindestens teilweise auf die mechanische Arbeit der Magnetostriktion gegen mechanische Spannungen zurückzuführen ist, kehrt in jeweils etwas veränderter Form bei unseren weiteren Betrachtungen immer wieder. Die theoretischen Beziehungen für die (reversible) Magnetisierungsarbeit U, die Anfangssuszeptibilität $\varkappa_a$ und die Koerzitivkraft $\mathfrak{H}_c$, auf die wir nun näher eingehen werden, enthalten daher im wesentlichen stets die grundlegende Aussage:

Magnetisierungsarbeit gleich mechanische Arbeit der Magnetostriktion gegen äußere (σ) oder innere (σ_i) Spannungen,

d. h. dimensionsmäßig

$$\begin{aligned} \mathfrak{H}\mathfrak{J} &= \text{konst.}\ \lambda_s \sigma \ \text{bzw.} \\ &= \text{konst.}\ \lambda_s \sigma_i . \end{aligned} \qquad (1)$$

4. Zur Deutung der Remanenz und der reversiblen Magnetisierungsarbeit.

Abb. 4 soll zunächst die Entstehung der Remanenz schematisch verdeutlichen. In der oberen Hälfte des Bildes ist ein ferromagnetischer Stab dargestellt, der einer elastischen Biegung durch äußere Kräfte unterworfen wird. Außer den drei schematischen Skizzen wird eine Magnetisierungskurve wiedergegeben, die an einem Nickeldraht unter elastischer Biegung aufgenommen wurde[19]). Die Randspannung betrug in diesem Falle ungefähr $\sigma_{max} = \pm 50\ \text{kg/mm}^2$. Die Hysteresefläche, die uns zunächst nicht interessiert, fällt bei dem hier benutzten Maßstab in die Strichdicke der Zeichnung.

λ_s Sättigungsmagnetostriktion σ_{max} Randspannung bei Biegung
σ_i „Mittelwert" der mechanischen Eigenspannungen ϑ Winkel zwischen Feld und „Vorzugslage"

Abb. 4. Zur Deutung der Remanenz $\mathfrak{J}_r$ und der reversiblen Magnetisierungsarbeit U. Oben: Magnetisierung unter elastischer Biegung, unten: Magnetisierung bei starken Eigenspannungen ($\sigma_i \approx 10\ \text{kg/mm}^2$). Schematische Darstellung der Magnetisierungszustände 1, 2 und 3.

Im jungfräulichen Ausgangszustand (1) liegt bei hinreichend starker Biegung die spontane Magnetisierung (bei $\lambda_s > 0$) in der unter Zug stehenden Stabhälfte (links) parallel zur Stabachse, in der „Druckhälfte" (rechts) dagegen quer zur Stabachse. Für Nickel ($\lambda_s < 0$) gilt das Umgekehrte. Da die Pfeilrichtungen nach oben oder unten (bzw. in der Druckhälfte nach rechts oder links) für die spontane Magnetisierung zunächst völlig gleichberechtigt sind, erhalten wir im Zustand 1 — wie früher schon erläutert worden ist — keine resultierende, makroskopische Magnetisierung $\mathfrak{J}$. Ein verhältnismäßig schwaches Feld in der Richtung von unten nach oben, auf dessen Betrag wir später noch näher eingehen, kippt jedoch die in der Zughälfte (links) nach unten gerichteten Elementarmagnete nach oben um, so daß zunächst die Magnetisierung $\mathfrak{J}_s/2$ (auf das Gesamtvolumen bezogen) erreicht wird. Durch Steigerung der Feldstärke bis auf $\mathfrak{H}_s$ werden auch die Elementarmagnete der (rechten) Druckhälfte aus ihrer magnetischen Vorzugslage quer zum Felde herausgedreht und in die Feldrichtung hineingezwungen. Die magnetische Sättigung $\mathfrak{J}_s$ ist nun im ganzen Stabquerschnitt erreicht (Zustand 2). Nach dem Abschalten des Feldes $\mathfrak{H}_s$ werden die Elementarmagnete der rechten Stabhälfte durch den mechanischen Längsdruck in dieser Hälfte in die Quervorzugslage zurückgedrückt, die Elementarmagnete der anderen Hälfte bleiben jedoch wie im Zustande 2 liegen, da keine Veranlassung zum Umkippen in die Richtung nach unten vorliegt, solange nicht ein schwaches Feld in der Richtung nach unten eingeschaltet wird. Wir erhalten daher infolge der „liegengebliebenen" Elementarmagnete in Übereinstimmung mit dem experimentellen Befund eine remanente Magnetisierung vom Betrage $\mathfrak{J}_r = 1/2 \cdot \mathfrak{J}_s$ (vgl. Abb. 4, Zustand 3).

In gleicher Weise wie bei dem einfachen Modell nach Abb. 3 (e und f) läßt sich leicht zeigen, daß die reversible Magnetisierungsarbeit in diesem Falle der Biegung

$$U = \int_{\mathfrak{J}_r}^{\mathfrak{J}_s} \mathfrak{H}\, d\mathfrak{J} = \frac{3}{8} \lambda_s \sigma_{max} \qquad (2)$$

beträgt[20]) (σ_{max} ist die Randspannung). Dabei ist ein rechteckförmiger Querschnitt des Stabes vorausgesetzt. Bei rundem Querschnitt erhält man $1/\pi$ statt 3/8; die Beziehung (2) wird durch frühere Versuchsergebnisse an Nickel befriedigend bestätigt[19]). Die reversible Magnetisierungsarbeit ist in diesem Falle auf die beiden meßbaren Größen λ_s und σ_{max} quantitativ zurückgeführt worden.

Während die obere Hälfte der Abb. 4 einen von außen aufgedrückten, der Messung leicht zugänglichen Spannungszustand betrifft, wird in der unteren Bildhälfte die Wirkung der nicht ohne weiteres meßbaren Eigenspannungen erläutert. Es sind dort die an einem Nickeldraht ohne äußere Belastung gemessene Hystereseschleife[20a]) und die entsprechenden schematischen Skizzen für die drei Zustände 1, 2 und 3 wiedergegeben. Der zunächst weich geglühte Nickeldraht wurde durch Zug bis zum Riß bei $\sigma \approx 60\ \text{kg/mm}^2$ gereckt. Durch die plastische Verformung sind Eigenspannungen entstanden, deren Durchschnittsbetrag σ_i aus dem gemessenen Betrage der reversiblen Magnetisierungsarbeit abgeschätzt werden kann. Unter der Voraussetzung quasiisotroper Verteilung der Eigenspannungen erhält[21]) man nämlich entsprechend der Beziehung (2) in diesem allgemeinen Fall in CGS-Einheiten

$$U = \int_{\mathfrak{J}_r}^{\mathfrak{J}_s} \mathfrak{H}\, d\mathfrak{J} = \lambda_s \sigma_i . \qquad (3)$$

Dabei ist σ_i definiert durch den Mittelwert

$$\sigma_i = \overline{\sigma_1 - \frac{\sigma_2 + \sigma_3}{2}} , \qquad (3\text{a})$$

worin σ_1 jeweils die Hauptspannung in der Richtung der Vorzugslage der spontanen Magnetisierung, σ_2 und σ_3 die beiden anderen Hauptspannungen bedeuten. σ_i stellt also ungefähr den Durchschnittsbetrag der extremen inneren Schubspannungen dar.

Aus dem gemessenen Wert $U = 35\,000\ \text{erg/cm}^3$ ergibt sich in unserem Falle mit $\lambda_s = -3{,}6 \cdot 10^{-5}$ aus (3) ungefähr $\sigma_i = -10^9\ \text{dyn/cm}^2 = -10\ \text{kg/mm}$[*22]). Es sei hier

[19]) M. Kersten, Z. Phys. 71 (1931) S. 582. Frühere, mehr qualitative Beobachtungen über den Einfluß des Biegens und die Form der Hystereseschleife s. M. R. Forrer, J. Phys. Radium (6) 7 (1926) S. 109, (6) 10 (1929) S. 247.

[20]) Bisher nicht veröffentlicht, folgt jedoch ohne weiteres aus dem Aufsatz der Fußnote 19.

[20a]) Wie Fußnote 16.

[21]) M. Kersten, Z. Phys. 76 (1932) S. 508.

[*22]) Das Vorzeichen — bedeutet, daß σ_1 entsprechend dem negativen Vorzeichen der Magnetostriktion λ_s bei Nickel jeweils die größte Druckhauptspannung darstellt.

darauf hingewiesen, daß fast genau der gleiche Spannungsbetrag auch aus verschiedenen anderen magnetischen Eigenschaften des in der angegebenen Weise behandelten Nickeldrahtes abgeleitet worden ist. Die durchschnittlichen Eigenspannungen eines ferromagnetischen Werkstoffes können also durch magnetische Messungen näherungsweise bestimmt werden.

Die Beziehungen (2) und (3) gelten natürlich nur bei hinreichend starken mechanischen Spannungen σ_{max} bzw. σ_i, bei denen ein merklicher zusätzlicher Einfluß der Kristallenergie K (vgl. S. 500) nicht mehr vorhanden ist, also unter der Voraussetzung $\lambda_s \sigma_i \gg K$, d. h. bei Nickel etwa für $|\sigma_i| > 4$ kg/mm².

Die Skizzen in der unteren Hälfte der Abb. 4 sollen in gleicher Weise wie für den speziellen Fall der Biegung in der oberen Bildhälfte das Zustandekommen der Remanenz $\mathfrak{J}_r$ bei „normalen" Hystereseschleifen ferromagnetischer Stoffe mit Eigenspannungen veranschaulichen. Die spontane Magnetisierung wird im Zustande 1 durch Eigenspannungen jeweils im Winkel ϑ bzw. $\vartheta + \pi$ zur Feldrichtung festgehalten. Der Zustand 3 der Remanenz unterscheidet sich vom jungfräulichen Ausgangszustand 1 nur dadurch, daß sämtliche Elementarmagnete von den beiden, im Zustande 1 energetisch gleichberechtigten Richtungen ϑ und $\vartheta + \pi$ an jeder Stelle des Werkstoffes nur die einnehmen, die einen spitzen Winkel mit dem vorher angelegten Feld $\mathfrak{H}_s$ bilden. Die Remanenz $\mathfrak{J}_r$ beträgt also allgemein

$$\mathfrak{J}_r = \mathfrak{J}_s \overline{\cos \vartheta}, \quad 0 \leqq \vartheta \leqq \frac{\pi}{2}. \tag{4}$$

Für den Fall quasiisotroper kugelsymmetrischer Verteilung der Vorzugslagen erhält man $\overline{\cos \vartheta} = 1/2$, also

$$\mathfrak{J}_r = \frac{\mathfrak{J}_s}{2}. \tag{5}$$

Diese von R. Becker vorgeschlagene Deutung der Remanenz[23]) wird dadurch wesentlich gestützt, daß die Remanenz fast aller ferromagnetischer Stoffe entsprechend (5) ungefähr die Hälfte der Sättigung $\mathfrak{J}_s$ beträgt. Die insbesondere bei Anwendung äußerer Kräfte beobachteten Abweichungen von (5) konnten im allgemeinen befriedigend durch die jeweils notwendige spezielle Anwendung von (4) gedeutet werden.

(Schluß folgt.)

[23]) R. Becker, Z. Phys. 62 (1930) S. 267.

Über die Abhängigkeit der Induktion von der Walzrichtung bei Dynamoblechen.

Von S. **Franck** und A. **Rudolphi**, Nürnberg.

DK 538.22.082.743 : 621.313.042.1

Übersicht. Die magnetische Induktion von handelsüblichen Dynamoblechen wird in Abhängigkeit von der Magnetisierungsrichtung untersucht. Der Mittelwert der magnetischen Induktion über alle Magnetisierungsrichtungen (wahrer Mittelwert) wird mit dem Mittelwert aus Längs- und Quermagnetisierung (Epstein-Mittelwert) verglichen.

Die Erscheinung der magnetischen Anisotropie hat in den letzten Jahren besonders in der Schwachstromtechnik bei den Eisen-Nickel-Legierungen starke Bedeutung erlangt. Auch die für die Starkstromtechnik wichtigen Eisen-Silizium-Legierungen (Dynamobleche) zeigen eine Anisotropie ihrer magnetischen Eigenschaften. So ist es eine bekannte Tatsache, daß eine längs der Walzrichtung magnetisierte Probe bis zu den höchsten Feldstärken magnetisch weicher ist als eine senkrecht zur Walzrichtung im Magnetfeld orientierte Probe[1]). Diese Abhängigkeit der Induktion von der Walzrichtung wird bei der bekannten Epstein-Prüfung dadurch berücksichtigt, daß das Probebündel aus Blechstreifen zusammengesetzt wird, die je zur Hälfte längs und quer zur Walzrichtung geschnitten sind. Für die Technik ist nun in sehr vielen Fällen (hauptsächlich bei umlaufenden Blechkörpern, z. B. in elektrischen Maschinen, oder bei ruhenden Blechkörpern, die kreisförmig von Flüssen durchsetzt werden) der Mittelwert der Induktion über alle Magnetisierungsrichtungen von $\alpha = 0$ bis $\alpha = 360°$ zur Walzrichtung oder aus Symmetriegründen von $\alpha = 0$ bis $\alpha = 90°$ die wichtigste Größe zur Berechnung der Flüsse. Das bei der Epstein-Probe geübte Verfahren, den Mittelwert aus Längs- und Quermagnetisierung ($\alpha = 0°$ und $90°$) zu verwerten, setzt wenigstens für die angeführten wichtigen Fälle damit voraus, daß die Induktion von einem Höchstwert in der Walzrichtung bis zu einem Tiefstwert quer zur Walzrichtung über alle Winkel gleichmäßig abfällt (geradliniger Verlauf abhängig von α), wenn man mögliche aber unwahrscheinliche andere Gänge ausschließt, deren Mittelwert über alle Richtungen ebenfalls gleich dem Mittelwert zwischen Längs- und Querrichtung ist. Im allgemeinen wird also immer dann der Mittelwert über alle Walzrichtungen von dem Mittelwert aus Längs- und Querrichtung verschieden sein, wenn der geradlinige Verlauf der Abhängigkeit der Induktion von der Walzrichtung nicht mehr besteht. Die Epstein-Prüfung gibt in diesem Falle keine richtigen Unterlagen für die Flußberechnung.

Es ist bereits bekannt, daß durch die Walz- und Glühbehandlung des Bleches, die ja als Ursache einer magnetischen Anisotropie bei Eisenblechen bezeichnet wird[2])[3]), unter gewissen Umständen auch ein Maximalwert der Induktion unter anderen Winkeln als 0° zur Walzrichtung [nach T. D. Yensen[3]) und E. Gumlich[4]) bei 45°] auftreten kann. Diese Walzrichtungsabhängigkeit der magnetischen Induktion erstreckt sich bis zu dem für die Technik wichtigen Sättigungsgebiet. Wegen des flachen Verlaufs der Induktionskurve im Sättigungsgebiet sind für kleine Induktionsänderungen große Feldstärkenänderungen erforderlich. Infolgedessen haben auch schon geringe Walzrichtungsabhängigkeiten der Induktion große Änderungen der Feldstärke zur Folge, und es ist gerade in diesem Gebiet eine genaue Kenntnis des wahren Mittelwertes der Induktion notwendig. Aus diesen Gründen wurde die Abhängigkeit der Induktion von der Walzrichtung bei verschiedenen handelsüblichen Dynamoblechen näher untersucht.

In Anbetracht der starken Abweichungen der Permeabilität[5]) selbst innerhalb einer Tafel bei technischen Blechen erschien die Frage der Proben**form** als wichtig. Die Probe soll klein sein, und für die Messung der Induktion als Funktion des Winkels zwischen Walz- und Magnetisierungsrichtung nur eine Probe für die verschiedenen Winkel verwendet werden. Aus diesem Grunde wurden neben Streifenproben in erster Linie Kreisscheiben von 70 mm Dmr. als Proben verwendet, die am idealsten eine Richtungsabhängigkeit mit der gleichen Probe zu messen gestatten. Zur Vermeidung einer magnetischen Härtung wurden diese aus den Tafeln ausgedreht.

Die **Messung** der Induktion erfolgte bei Gleich- und Wechselstrom. Für die Wechselstrommessung stand

[1]) E. Gumlich und E. Vollhardt, ETZ 29 (1908) S. 903.

[2]) T. W. Lippert, Iron Age 135 (1935) S. 26.

[3]) T. D. Yensen, Stahl u. Eisen 56 (1936) S. 1549.

[4]) E. Gumlich, Leitfaden der magnetischen Messungen, S. 85, Vieweg & Sohn, Braunschweig 1918.

[5]) W. Thal, Arch. techn. Mess. Juni 1934, Blatt J 60—4.

ein Ferrometer mit Streifenjoch[6]) zur Verfügung, bei Gleichstrom wurde die Kommutierungskurve ballistisch bestimmt. Die Streifen wurden bei Gleichstrom in einem einfachen Joch, die Scheiben in einem Doppeljoch magnetisiert. Da bei der scheibenförmigen Probe infolge des ungleichmäßigen Querschnitts mit einer Feldverzerrung zu rechnen war, wurde zur Kontrolle der rechnerisch bestimmten Feldstärke die Permeabilitätskurve mit einer Streifen- und Scheibenprobe desselben Bleches gemessen. Aus der Gleichsetzung der Maximalpermeabilität bei beiden Proben ergab sich ungefähr eine Abschätzung der Feldverzerrung. Bei Verwendung des in Abb. 1 gezeigten Doppeljochs und bei Gleichstrommagnetisierung war die Verzerrung gering. Da es sich im vorliegenden Fall hauptsächlich um Vergleichsmessungen handelt, konnte diese Verzerrung bei der rechnerischen Bestimmung der Feldstärke unberücksichtigt gelassen werden.

Abb. 1. Doppeljoch zur Messung an Scheibenproben. Scheibendurchmesser 70 mm.

Die **Meßergebnisse** zeigten bei Gleich- und Wechselstrommagnetisierung sowohl an Streifen- als auch an Scheibenproben ein übereinstimmendes, für die einzelnen Dynamobleche verschiedenes charakteristisches Verhalten der Walzrichtungsabhängigkeit der Induktion.

Abb. 2. Die Induktion von Dynamoblech Sorte I in Prozent des Wertes für Längsmagnetisierung ($\alpha = 0°$) in Abhängigkeit von der Magnetisierungsrichtung α bei verschiedenen Feldstärken ($\mathfrak{o}$ = Oersted). Ballistische Messung von Scheibenproben mit Doppeljoch nach Abb. 1.

Die Ergebnisse der Untersuchung an Dynamoblechen mit verschiedenem Gehalt an Silizium und von verschiedenen Herstellern sind in den Abb. 2 bis 7 dargestellt. Die Kurven Abb. 2 und 4 bis 7 wurden aus der ballistischen Messung an Scheibenproben gewonnen, die als das genaueste Meßverfahren angesprochen werden kann. Um die Abhängigkeit der Induktion von der Walzrichtung auch bei verschiedenen Feldstärken miteinander vergleichen zu können, ist als Ordinate die Induktion in % des für die Längsmagnetisierung erhaltenen Wertes (Winkel zwischen Walz- und Magnetisierungsrichtung $\alpha = 0$) aufgetragen.

Deutlich zeigen alle Kurven die bekannte Tatsache[7]), daß die längsmagnetisierten Bleche magnetisch weicher sind als die quer zur Walzrichtung orientierten Bleche. Übereinstimmend ist auch die Abnahme dieses Unterschiedes zwischen Längs- und Quermagnetisierung mit steigender Feldstärke zu erkennen. Darüber hinaus ist aber bei verschiedenen Blechen noch das Auftreten von Extremwerten zwischen Längs- und Querinduktion zu beobachten, welchen im Hinblick auf den Zweck vorliegender Untersuchung besondere Bedeutung zukommt.

So zeigt sich nach Abb. 2 bei einem normalen Dynamoblech der Sorte I neben der Vorzugsrichtung für $\alpha = 0$ eine zweite Vorzugsrichtung unter 30 bis 45° zur Walzrichtung, bei der der Höchstwert der Induktion auftritt. Eine solche zweite Vorzugsrichtung wurde auch bei allen anderen untersuchten Blechen der Sorte I gefunden (Gleich- und Wechselstrommessung), auch bei Blechen aus verschiedenen Chargen und verschiedener Herstellerfirmen. Die Lage dieser Vorzugsrichtung schwankte dabei von 15° bis 45°, war also nie größer, wohl aber kleiner als 45°, d. h. näher zur Walzrichtung (erste Vorzugsrichtung) zu liegend. Die Wechselstrommessungen an Streifen, die bis zu höheren Feldstärken als bei der ballistischen Messung erstreckt werden konnten, zeigen, daß dieser charakteristische Verlauf der Induktion in Abhängigkeit von der Walzrichtung auch noch bei hohen Feldstärken (Abb. 3) vorhanden ist, wenn auch die prozentualen Unterschiede geringer geworden sind.

Abb. 3. Die Induktion von Dynamoblech Sorte I in Abhängigkeit von der Feldstärke bei verschiedenen Magnetisierungsrichtungen α. Wechselstrommessung von Streifenproben mit Ferrometer.

Ein ganz anderes Verhalten der Induktion zeigt ein hochmagnetisierbares Dynamoband der Sorte II (Abb. 4). Hier treten nebeneinander zwei Vorzugsrichtungen bei 0° und 90° verbunden mit einem Minimum der Induktion zwischen 60 und 75° auf [vgl. auch Messungen an einem hochmagnetisierbaren amerikanischen Dynamoblech von Yensen[8])]. Dieser Tiefstwert der Induktion liegt also bei Winkeln über 45° näher an der Querrichtung, während der Höchstwert des Bleches Sorte I bei Winkeln unter 45° näher an der Längsrichtung auftritt.

Bei den folgenden Abbildungen zeigt sich keine derartige Besonderheit der Walzrichtungsabhängigkeit der Induktion. Sowohl das amerikanische schwachlegierte Blech (Abb. 5) als auch ein mittelstark legiertes Blech eines amerikanischen Herstellers (Abb. 6) weisen einen ziemlich gleichmäßigen Abfall der Induktion von 0 bis 90° auf. Dieselbe Abhängigkeit zeigt auch ein hochlegiertes Dynamoblech der Sorte IV (Abb. 7). Die Abweichungen des Kurvencharakters bei niedrigen Feldstärken (1 Oersted) gehen wahrscheinlich auf die besonders ausgeprägte Anisotropie in der Nähe der Maximalpermeabilität zurück, wie sie an Fe-Si-Einkristallen gemessen wurde[9]).

Der charakteristische Verlauf der Induktion mit mehreren nebeneinander bestehenden magnetischen Vorzugsrichtungen, wie er bei dem normalen Dynamoblech Sorte I und dem hochmagnetisierbaren Dynamoband Sorte II gefunden wurde, ist von besonderer Bedeutung. Bei normalem Dynamoblech Sorte I liegt der wahre Mittelwert der Induktion über alle Magnetisierungsrichtungen **höher** als der aus der Epstein-Messung bestimmte, d. h.

[6]) W. Thal, Arch. techn. Mess. Dez. 1934, Blatt J 60—2, Mai 1937, Blatt J 60—3.
[7]) Siehe Fußnote 1.
[8]) Siehe Fußnote 3, Abb. 18.
[9]) H. J. Williams, Phys. Rev. 52 (1937) S. 747.

das Blech ist in Wirklichkeit **besser** als gemessen. Bei dem auf besonders gute magnetische Werte gezüchtetem hochmagnetisierbaren Dynamoband dagegen liegt der wahre Mittelwert der Induktion über alle Magnetisierungsrichtungen **tiefer** als der aus der Epstein-Messung bestimmte, d. h. das Blech ist in Wirklichkeit **schlechter** als gemessen. Damit wird der Vorteil einer besseren Magnetisierungsmöglichkeit in der Walzrichtung u. U. sogar in einen Nachteil umgekehrt, wenn man auf alle

Abb. 4 und 5. Die Induktion von hochmagnetisierbarem Dynamoband Sorte II und schwachlegiertem amerikanischen Dynamoblech in Prozent des Wertes für Längsmagnetisierung ($\alpha = 0°$) in Abhängigkeit von der Magnetisierungsrichtung α bei verschiedenen Feldstärken. Ballistische Messung von Scheibenproben mit Doppeljoch nach Abb. 1.

Magnetisierungsrichtungen angewiesen ist. Dies geht aus der folgenden Zahlentafel 1 mit Deutlichkeit hervor, in der die Mittelwerte aus Längs- und Querinduktion einerseits und aus den Induktionswerten bei den Winkeln 0, 15, 30, 45, 60, 75 ,90 ° anderseits (aus den Abb. 2 bis 7 entnommen) einander gegenübergestellt sind. Dieser letztere Mittelwert wird sich nur geringfügig von dem tatsächlichen Mittelwert der Induktion über alle Walzrichtungen unterscheiden.

Zahlentafel 1. Der Mittelwert der magnetischen Induktion von Dynamoblechen aus Längs- und Quermagnetisierung (Epstein-Mittelwert, $\alpha = 0°$ und $90°$) und über alle Magnetisierungsrichtungen (tatsächlicher Mittelwert, $\alpha = 0$ bis $90°$) in % des Wertes für Längsmagnetisierung.

Dynamoblech	Feldstärke Oersted ∅	Epstein-Mittelwert ($\alpha = 0°$ u. $90°$) %	tatsächlicher Mittelwert ($\alpha = 0°$ bis $90°$) %	Abweichung v. Epstein-Mittelwert %
normales Dynamoblech Sorte I, Hersteller 1	1	93,8	110,64	+ 18,0
	2	93,4	98,14	+ 5,2
	5	96,65	101,23	+ 4,7
	10	97,5	101,64	+ 4,3
	20	97,8	101,7	+ 4,0
normales Dynamoblech Sorte I, Hersteller 2, aus Wechselstrommessung mit Ferrometer und Streifenjoch bestimmt	100	98,4	100,47	+ 2,1
hochmagnetisierbares Dynamoband Sorte II	1	86,7	82,6	— 4,6
	2	92,5	90,8	— 1,8
	5	96,95	94,8	— 2,1
	10	97,35	95,56	— 1,7
	20	97,35	95,8	— 1,5
amerik. Dynamoblech 0,9% Si	1	85,65	84,33	— 1,6
	2	90,7	90,16	— 0,7
	5	96,25	96,13	— 0,1
	10	97,5	97,26	— 0,3
	20	98,0	97,54	— 0,4
amerik. Dynamoblech 2,1% Si	1	94,45	97,7	+ 3,5
	2	96,3	96,77	+ 0,6
	5	96,8	96,8	0
	10	97,3	97,34	+ 0,05
	20	97,8	98,14	+ 0,4
hochlegiertes Dynamoblech Sorte IV, Hersteller 1	1	89,0	88,7	— 0,3
	2	93,0	92,95	— 0,05
	5	96,7	96,6	— 0,1
	10	97,5	97,5	0
	20	98,0	98,26	+ 0,3

Bei dem in der Zahlentafel angegebenen normalen Dynamoblech der Sorte I, Hersteller 2, beträgt die Abweichung der beiden Mittelwerte bei 100 Oersted noch über 2 %. Sollte beispielsweise in einer elektrischen Maschine eine Induktion von 18 000 Gauß erzielt werden, so würde nach Abb. 3 bei Verwendung dieses Bleches eine tatsächliche Feldstärke von rd. 95 Oersted dazu nötig sein, während nach der üblichen Bestimmung des Mittelwertes der Induktion aus Längs- und Quermagnetitierung (Epstein-Mittelwert) 110 Oersted aufgewendet werden sollten. Für diesen letzteren Mittelwert würde man also eine um 16 % zu hohe Feldstärke annehmen. Umgekehrt würde dieser Epstein-Mittelwert der Induktion bei Verwendung des hochmagnetisierbaren Dynamobandes der Sorte II eine zu niedrige Bestimmung der Feldstärke zur Folge haben.

Abb. 6 und 7. Die Induktion von mittelstark legiertem amerikanischen Dynamoblech und Dynamoblech Sorte IV in Prozent des Wertes für Längsmagnetisierung ($\alpha = 0°$) in Abhängigkeit von der Magnetisierungsrichtung α bei verschiedenen Feldstärken. Ballistische Messung von Scheibenproben mit Doppeljoch nach Abb. 1.

Dieses Beispiel zeigt deutlich, daß u. U. die Nichtbeachtung des Auftretens mehrerer magnetischer Vorzugsrichtungen bei Dynamoblechen zu Fehlschlägen führen kann. Da der Epstein-Mittelwert der Induktion Besonderheiten der Walzrichtungsabhängigkeit der Induktion nicht erfassen kann, ist die Kenntnis eines tatsächlichen Mittelwertes der Induktion über alle Walzrichtungen von großer praktischer Bedeutung.

Zusammenfassung.

Die Abhängigkeit der magnetischen Induktion von der Walzrichtung bei verschiedenen handelsüblichen Dynamoblechen in Tafel- und Bandform wird untersucht. Der a[illegible] Längs- und Quermagnetisierung gemessene Mittelw[illegible] bei der Epsteinprobe stimmt in den meisten Fällen nicht mit dem wahren Mittelwert über alle Magnetisierungsrichtungen von 0 bis 90 ° zur Walzrichtung überein. Es treten mehrere magnetische Vorzugsrichtungen auf: Bei normalem Dynamoblech Sorte I ist neben der Vorzugsrichtung für $\alpha = 0°$ eine zweite Vorzugsrichtung unter $\alpha = 15$ bis $45°$ vorhanden, in der der Höchstwert der Induktion liegt. Bei hochmagnetisierbarem Dynamoband Sorte II dagegen tritt zwischen den beiden Vorzugsrichtungen unter 0 ° mit dem Höchstwert der Induktion und 90 ° ein Tiefstwert der Induktion bei $\alpha = 60$ bis $75°$ auf. Das erstere Blech ist in Wirklichkeit besser, das letztere dagegen schlechter als nach der Epsteinprobe gemessen. Bei Dynamoblech Sorte IV und amerikanischen Dynamoblechen mit 0,9 und 2,1 % Si ist der Abfall der Induktion von 0 bis 90 ° ziemlich gleichmäßig. Bei allen Blechen wachsen die beobachteten Anisotropien mit abnehmender Feldstärke (Untersuchungsgrenze 1 Oersted).

Zur Messung wurden Kreisscheiben von 70 mm Durchmesser in einem Doppeljoch in verschiedenen Richtungen ballistisch untersucht. Kontrollmessungen mit Wechselstrom und mit Streifen ergeben die gleichen Anisotropien.

Die Einwirkung von Lösungsmitteln und Imprägnierlacken auf Lackdrähte *).

DK 621.315.337.4

Bei der Verarbeitung von Lackdrähten treten oft Schwierigkeiten auf, die in der Wahl eines ungeeigneten Tränklacks oder von falschen Arbeitsbedingungen beim Tränken der Spulen beruhen. Da das Tränken bei höheren Temperaturen vorgenommen wird, muß der Temperatureinfluß bei der Prüfung von Lösungsmitteln besonders beachtet werden.

a in Normalbenzin c in Transformatorenöl (nur bei 80° C gemessen) e in Äthylalkohol
b in Lackbenzin d in Methanol f in 90er Benzol

Abb. 1. Gewichtszunahme von Lackdraht 0,60 mm trsp bei verschiedenen Temperaturen.

Nach DIN VDE 6450 wird die Beständigkeit von Lackdrähten geprüft, indem man den Draht eine Minute bei 110° in eine Mischung von Zeresin und Bienenwachs taucht und danach prüft, ob der Draht blanke Stellen aufweist oder die Lackschicht erweicht ist. Während sich die Lackschicht bei dem unbehandelten Draht nicht mit dem Fingernagel abkratzen läßt, ist dies nach der Behandlung mehr oder weniger leicht der Fall. Als Ursache der Erweichung ist die durch das Lösungsmittel bewirkte Quellung des Lackfilms anzusehen. Mittels eines vom Verfasser entwickelten Verfahrens konnten die bei der Einwirkung von Lösungsmitteln sich abspielenden Vorgänge quantitativ erfaßt werden. Von dem zu prüfenden Lackdraht 0,60 mm trsp wurden Stücke von 1 m Länge zu Spulen gewickelt und bestimmte Zeit in das Lösungsmittel getaucht. Wie sich bei einer Untersuchung des Trockenverlaufs von derart behandelten Spulen herausstellte, verdampft das anhängende Lösungsmittel im kalten Luftstrom in 1 bis 2 min vollständig. Zur Verdunstung des aufgesaugten Lösungsmittels ist dagegen außerordentlich lange Zeit erforderlich. Bei den leicht flüchtigen Lösungsmitteln läßt sich also die hängengebliebene Menge durch Abblasen im kalten Luftstrom von 2 min Dauer entfernen. Bei Lacken und den schwer flüchtigen Lösungsmitteln kann man die hängengebliebene Menge mit Benzin abspülen und das überschüssige Benzin im Luftstrom auf dieselbe Weise beseitigen. Das von der Lackschicht absorbierte Lösungsmittel läßt sich darauf durch unmittelbar anschließende Wägung bestimmen, das Gewicht der Lackschicht selbst durch Wägung nach Ablösen der Lackschicht vom Draht.

Nach diesem Verfahren wurden von den praktisch wichtigen Lösungsmitteln zwei Benzine, ein zwischen 74° und 100° siedendes Leichtbenzin (Normalbenzin „Merck") und ein zwischen 105° und 150° siedendes Lackbenzin (ein an Stelle von Terpentin in vielen Fällen verwendbares Benzin), ferner ein benzolhaltiges Treibstoffgemisch, Methanol, 70prozentiger Äthylalkohol, 90er Benzol und Transformatorenöl sowie zwei Tränklacke untersucht. In sämtlichen Lösungsmitteln erfährt der Draht nach mehr oder weniger langer Zeit eine Gewichtszunahme, bei den schnell wirkenden Lösungsmitteln wird die Gewichtszunahme, nachdem ein Höchstwert erreicht ist, jedoch wieder geringer, vgl. Abb. 1.

Durch die Gewichtszunahme wird die Quellung der Lackschicht gekennzeichnet. Die Verringerung der Gewichtszunahme ist dagegen als Folge des Inlösunggehens von Bestandteilen der Lackschicht anzusehen. Dieses Inlösunggehen ist bei den Alkoholen und dem 90er Benzol zu beobachten, nicht dagegen bei den Benzinen, dem Transformatorenöl und den Tränklacken. (Das Transformatorenöl wurde allerdings nur bei einer Temperatur von 80° geprüft.) Die Lackschicht des Drahtes nimmt beim Quellen in den Lösungsmitteln sehr verschiedene Mengen davon auf.

Abb. 2. Einfluß der Temperatur auf die beim Quellen aufgenommene Höchstmenge an Lösungsmittel.

Bei einigen Lösungsmitteln ist auch die Temperatur von großem Einfluß auf die aufgenommene Höchstmenge.

*) Mitteilung aus dem Laboratorium der Isolation AG., Mannheim; ausführlicher Auszug aus Z. Elektrochem. 44 (1938) S. 627; 9½ S., 25 Abb.

Das ist bei den Benzinen der Fall, deren Verhalten in Abb. 2 dargestellt ist. Wie man sieht, steigt die beim Quellen von der Lackschicht aufgenommene Höchstmenge besonders bei dem höher siedenden Lackbenzin mit der Temperatur stark an: von 8,4 % bei 23 ° auf 37,6 % bei 79 °; beim niedrig siedenden Normalbenzin „Merck" wächst sie dagegen nur von 6 % bei 18 ° auf 15 % bei 70 °. Bei den Alkoholen und dem 90er Benzol ist die beim Quellen aufgenommene Höchstmenge von der Temperatur nahezu unabhängig, vgl. Abb. 3. Sie beträgt beim Methanol 5,5 % des Lackgewichts, beim Äthylalkohol steigt sie zwischen 15 und 80 ° von 9,1 auf 11,5 % an, und beim 90er Benzol beträgt sie zwischen 16 und 19% des Lackgewichts. Die Alkohole sind also harmloser als das Benzol, und gegenüber dem Äthylalkohol (Weingeist) verhält sich das Methanol günstiger. Bei den Tränklacken, vgl. Abb. 4, ist die Einwirkung auf das Quellen beschränkt. Die dabei auftretende Gewichtsabnahme ist jedoch erheblich. Sie beträgt bei dem lufttrocknenden Lack A bis zu 27 % (76 °), bei dem ofentrocknenden Lack B bis zu 30 % des Lackfilmgewichts (80 °). Die Gewichtszunahme ist ferner sehr stark von dem Verdünnungsmittel abhängig. In Abb. 5 ist dies für Lack A dargestellt. Die obere Kurve gibt die Quellung der Lackschicht an, nachdem der Lack mit der vierfachen Menge des oben erwähnten Treibstoffgemisches verdünnt war. Es wird dabei von ihr mehr als das Doppelte an Lösungsmitteln aufgenommen.

Abb. 3. Einfluß der Temperatur auf die beim Quellen aufgenommene Höchstmenge.

Abb. 4a und b. Gewichtszunahme von Lackdraht 0,60 mm trsp in verschiedenen Lacken.

Abb. 5. Einfluß des Verdünnungsmittels auf die Gewichtszunahme von Lackdraht 0,60 mm in Lack A.

Wie bei den Benzinen übt die Temperatur auch bei den Tränklacken einen Einfluß auf die beim Quellen aufgenommenen Höchstmengen aus, vgl. Abb. 6.

Der Einfluß der Gewichtszunahme auf die Erweichung der Lackschicht ist außerordentlich stark, wie durch Kratzen der Proben mit dem Fingernagel festgestellt wurde. Bei dem untersuchten Draht 0,60 mm, dessen Lackschicht eine Dicke von 25 bis 26 µ besaß, genügt z. B. eine Menge Methanol von 4 % des Lackfilmgewichts, um die Lackschicht abkratzbar zu machen, beim Äthylalkohol 6 %, beim 90er Benzol 8 %, dem Lackbenzin 12,5 %, Lack A 7 bis 9 % und Lack B 8 bis 9 %. Die absoluten Mengen, denen diese Zahlen entsprechen, sind sehr gering. Sie betragen beim Methanol 2 mg, beim Äthylalkohol 3,5 mg, beim 90er Benzol 5 mg, bei den Lacken A und B 4 und 5 mg und bei dem Lackbenzin 7 mg, bezogen auf 1 m Draht. Durch Vergleichsversuche konnte festgestellt werden, daß die Mengen, die zur Erweichung der Lackschicht bis zur Kratzfähigkeit notwendigerweise aufgenommen werden müssen, bei dünneren Drähten mit entsprechend dünneren Lackschichten noch wesentlich geringer sind, bei einem 0,18 mm-Draht mit einer Lackschicht von 18 µ Dicke genügen z. B. 1 bis 1,3 mg Gewichtszunahme je Meter Draht, um die Lackschicht kratzfähig zu machen. Aus diesen Zahlen ergibt sich, daß aus der Bestimmung der Gewichtszunahme beim Quellen wichtige Schlußfolgerungen für das Verhalten des Drahtes beim Tränken gezogen werden können. Es zeigt sich ferner, daß die Erweichung der Lackschicht bei den stärksten Gewichtszunahmen über die bloße Kratzfähigkeit weit hinaus geht. Der Lacküberzug läßt sich danach bereits durch Wischen mit einem Tuch entfernen.

Abb. 6. Einfluß der Temperatur auf die beim Quellen in zwei Tränklacken aufgenommene Höchstmenge.

Wenn man die Ergebnisse der Untersuchung zur Beurteilung der Beständigkeit des Drahtes verwenden will, zeigt sich, daß das Quellen wegen der damit verbundenen Erweichung der Lackschicht der wichtigere Vorgang ist. Das Lösen spielt dagegen eine geringere Rolle; denn es ist zu berücksichtigen, daß die beim Lösen vom Lösungsmittel aufgenommenen Mengen des Lackfilms nur gering sind. Sie betragen z. B. bei dem verhältnismäßig am stärksten lösenden 90er Benzol höchstens 8 % des Lackfilmgewichts, beim Methanol nur etwa 3 %.

Trotzdem der beim Lösen eintretende Verlust sicher eine dauernde Schädigung der mechanischen Eigenschaften der Lackschicht hervorruft, kann diese Schädigung deshalb nicht sehr beträchtlich sein. Der Vorgang des Lösens brauchte daher nicht näher untersucht werden, um so wichtiger ist für die Praxis die Quellung.

Quellungsgeschwindigkeit.

Wie die in Abb. 1 und 4 dargestellten Kurven zeigen, sind die bei Beginn der Quellung aufgenommenen Lösungsmittelmengen groß und nehmen mit der Annäherung an den Höchstwert ab, um schließlich gleich Null oder negativ zu werden. Die Quellungsgeschwindigkeit läßt sich durch folgende einfache Gleichung wiedergeben:

$$\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = k \cdot \frac{1}{t} \tag{1}$$

— x ist die Gewichtszunahme in mg/s, k die Geschwindigkeitskonstante in mg/s, t die Behandlungsdauer in s —, welche von den Versuchsergebnissen in sehr strenger Weise erfüllt wird. Die Quellungsgeschwindigkeit k erweist sich bei dem Normalbenzin, dem Transformatorenöl, Methanol, Äthylalkohol und 90er Benzol als von der Tem-

peratur unabhängig. Ihr Wert ergibt sich für Normalbenzin, Transformatoröl und Methanol zu rd. 1 mg/s, für Äthylalkohol zu rd. 2 mg/s und für 90er Benzol zu etwa 2,4 mg/s. Bei dem Lackbenzin und den Tränklacken ist k dagegen von der Temperatur stark abhängig: Es steigt z. B. beim Lackbenzin zwischen 20 °C und 80 °C von 1 mg/s auf 4 mg/s und etwa ebenso stark bei den Tränklacken an. Im einzelnen gehorcht k bei diesen der Gleichung der van 't Hoffschen Reaktionsisochore. Es ergibt sich daraus für die Praxis, daß selbst bei den Lackbenzin als Verdünnungsmittel enthaltenden Tränklacken die

• Tränklack B
○ Verdünnung

Abb. 7. Abhängigkeit der Quellungsgeschwindigkeit von der reziproken Temperatur.

Quellungsgeschwindigkeit größer sein kann als bei einem benzolhaltigen Tränklack, nämlich dann, wenn Temperaturen von 60 bis 80 ° beim Tränken angewendet werden, und das ist in der Regel der Fall. Außerdem zeigen die Ergebnisse, daß das Verhalten der Tränklacke durch das in ihnen enthaltene Verdünnungsmittel bestimmt wird; denn die k-Werte liegen für den Lack A und sein zugehöriges Verdünnungsmittel auf derselben Geraden. Dies ist in Abb. 7 zu erkennen, in der k in seiner Abhängigkeit von der reziproken Temperatur dargestellt ist.

Die Aktivierungszeit und Aktivierungsenergie.

Von ebenso großer Bedeutung wie die Quellung für die Beurteilung der Beständigkeit von Lackdraht gegen Lösungsmittel ist die Aktivierungszeit. Es ist darunter die Zeit zu verstehen, die der Draht im Lösungsmittel verharrt, ohne daß ein Angriff auf die Lackschicht erfolgt. Hier bestehen in der Tat außerordentlich große Unterschiede zwischen den einzelnen Lösungsmitteln, wie aus den Abbildungen entnommen werden kann. Abb. 8 zeigt die Quellung in verschiedenen Lösungsmitteln bei verschiedenen Temperaturen. 90er Benzol und die Alkohole übertreffen die übrigen Lösungsmittel sowohl bei 20 ° als auch bei 80 ° bedeutend, da die Quellung bei ihnen nach wesentlich kürzerer Zeit einsetzt.

Sieht man von den geringen Gewichtszunahmen ab, die vor Beginn der Quellung infolge der allmählichen Diffusion des Lösungsmittels durch die Lackschicht bedingt sind — diese Mengen liegen beträchtlich unterhalb der Grenzen, welche zu einer Erweichung der Lackschicht notwendig sind —, so läßt sich der Beginn der Quellung als der Abschnitt definieren, den die zugehörige Quellungsisotherme auf der Abszissenachse abschneidet. Die betreffenden t_0-Werte sind von der Temperatur T des Lösungsmittels nach der Gleichung:

$$\frac{d \ln t_0}{d T} = \frac{q_A}{T^2} \qquad (2)$$

abhängig; hierin werden gemessen: t_0 in s, T in ° K, q_A in cal. Die daraus berechneten t_0-Werte sind in Zahlentafel 1 mit den gefundenen verglichen. Man sieht, daß die Übereinstimmung der berechneten Werte mit den gefundenen zufriedenstellend ist.

Der Einfluß der Temperatur ist demnach außerordentlich stark. Während bei Zimmertemperatur Minuten verstreichen, bis die Quellung einsetzt, genügen bei 60 bis 80 ° wenige Sekunden. Die Benzine wirken wesentlich langsamer ein als die Alkohole und Benzol. Bei 70 ° ist jedoch auch bei ihnen die Aktivierungszeit so verkürzt, daß die Quellung so schnell beginnt wie bei 90er Benzol bei Zimmertemperatur. Thermodynamisch bedeutet die in Gl. (2) angeführte Beziehung zwischen Aktivierungszeit und Temperatur, daß den miteinander reagierenden Komponenten erst eine bestimmte Energie q_A zugeführt werden muß, damit die Quellung erfolgt, die Aktivierungswärme. Für die Lösungsmittel Normalbenzin, Lackbenzin,

Zahlentafel 1. Beginn der Quellung von Kupferlackdraht 0,60 mm trsp in verschiedenen Lösungsmitteln.

Lösungsmittel		t_0 Beginn der Quellung in Sekunden bei einer Versuchstemperatur von °C						
		21	30,5	40	50	60	70	80
Normalbenzin	gef.	1035[1])	—	469	134	87	40	—
	ber.	1560[1])	—	252	151	80	43	—
Lackbenzin[2])	gef.	846	—	510	—	114	—	63
	ber.	1280	—	528	—	185	—	72
Äthylalkohol	gef.	183	—	17,6	—	3,5	—	0,7
	ber.	178	—	22,0	—	3,6	—	0,7
Methanol	gef.	12,5	—	3,4	—	1,2	—	—
	ber.	12,2	—	3,9	—	1,1	—	—
90er Benzol	gef.	64[3])	22	15,6	5,8	4,3	3,9	1,8
	ber.	92[3])	34	15,9	8,0	4,2	2,3	1,4

[1]) Versuchstemperatur 19°.
[2]) Die Versuchstemperaturen betrugen 21°, 37°, 58° und 79,4°.
[3]) Versuchstemperatur 18°.

Äthylalkohol, Methanol und 90er Benzol beträgt sie 7085, 5090, 9820, 5630 und 7140 cal.

Bei den Alkoholen ist demnach der Unterschied in der Aktivierungswärme erheblich, nicht so groß dagegen zwischen den Benzinen und dem 90er Benzol.

a. bei 18 bis 21 ° C

b. bei 80 ° C

1 90er Benzol
2 Methanol
3 Kraftstoffmischung
4 Äthylalkohol
5 Lackbenzin
6 Normalbenzin
7 Transformatorenöl

Abb. 8. Vergleich der Quellung von Lackdraht 0,60 mm trsp in verschiedenen Lösungsmitteln in Abhängigkeit von dem nat. Logarithmus der Einwirkungsdauer t (in sec).

Für die Aktivierungszeit des Methanols, Äthylalkohols und 90er Benzols erhält man aus (2) den Ausdruck:

$$\ln t_0 = q_A \frac{T_s - T}{T\,T_s}, \qquad (3)$$

worin T_s die absolute Siedetemperatur in ° K und q_A die Aktivierungswärme bedeuten.

In ähnlicher Weise ergibt sich für die Benzine:

$$\ln t_0 = q_A \frac{T_s - T}{T\,T_s} + 3{,}5. \qquad (4)$$

Die Gl. (4) unterscheidet sich von Gl. (3) nur durch das Korrektionsglied 3,5.

Einfluß der Vorbehandlung.

Es ist eine der Praxis bekannte Erscheinung, daß man die Beständigkeit von Lackdraht gegen Benzol durch eine Nachbehandlung des Drahtes erhöhen kann, die in einer längeren Erhitzung auf 100 bis 120 ° besteht, der sogenannten künstlichen Alterung. Wie die Versuche mit derartig behandelten Drähten ergaben, unterscheidet sich ein gealterter Draht von einem frischen durch eine entsprechende Verlängerung der Aktivierungszeit. Aber auch bei einer Lagerung bei gewöhnlicher Temperatur tritt eine Verlängerung der Aktivierungszeit ein, wie die in Zahlentafel 2 angeführten Werte beweisen.

Zahlentafel 2. Quellungsbeginn von Kupferlackdraht 0,60 mm in 90er Benzol nach verschiedener Vorbehandlung.

Versuchstemperatur °C	t_0 Beginn der Quellung in Sekunden		
	frisch	120 Std. bei 100° gealtert	¼ Jahr gelagert
18	26	—	64
22	—	221	—
80	2	3	2

Der Einfluß der Alterung ist demnach bei niedrigen Temperaturen erheblich, bei hohen Temperaturen fällt er jedoch praktisch nicht ins Gewicht. Die Quellungsgeschwindigkeit wird durch das Altern nicht verändert, wie der in Abb. 9 dargestellte Vergleich lehrt. Die Neigung der Geraden ist für den frischen und den gealterten Zustand des Drahtes dieselbe, die Geraden sind lediglich parallel zueinander verschoben. Demzufolge erfordert ein gealterter Draht eine höhere Wärmeenergie, um zu quellen. Man erhält in der Tat für die drei in Zahlentafel 2 angeführten t_0-Werte für Benzol aus Gl. (2) im frischen Zustand eine Aktivierungswärme von 4280 cal, nach vierteljähriger Lagerung 7140 cal und nach 120stündiger Alterung bei 100 ° 9390 cal. Vorbehandlung und Alter der Lackschicht sind also für die Beständigkeit von Lackdraht gegenüber Lösungsmitteln von großer Bedeutung.

E. Greulich.

Abb. 9. Einfluß der künstlichen Alterung auf die Quellung von Lackdraht 0,60 mm trsp in 90er Benzol.

Über Polarlichter und magnetische Stürme.

DK 537.591

In den letzten Jahrzehnten haben die geophysikalischen Beobachtungen über Polarlichter und erdmagnetische Erscheinungen sowie die Untersuchungen der Ionosphären- und Ultrastrahlungsforschung an Bedeutung ungeheuer gewonnen, da man erkannte, daß zwischen den genannten Erscheinungen ein enger innerer Zusammenhang besteht. Das gleichzeitige Auftreten von Polarlichtern, größeren Schwankungen der Intensität des Erdmagneten sowie der Ultrastrahlung und Veränderungen in der Struktur der ionosphärischen Schichten mit der Beobachtung von Sonnenflecken oder Fackeln in der Nähe des Zentralmeridians der Sonne ließ schon früh die von besonderen Aktionsherden der Sonne ausgehenden Elektronenschwärme als die primäre Ursache der auf der Erde beobachteten Effekte vermuten. Das vergangene Jahr 1938 bot wegen der zahlreichen magnetischen Störungen und großen Polarlichter, die fast auf der ganzen Erde beobachtet werden konnten, eine ausgezeichnete Möglichkeit, die vermuteten Zusammenhänge weiter zu prüfen und gegebenenfalls neue Gesichtspunkte zu zeigen. Die Gesamtheit der großen Störungen fiel jeweils mit einer sehr erhöhten Sonnenfleckenaktivität zusammen, so daß zu hoffen stand, auch die Zusammenhänge mit den Ionosphären- und Ultrastrahlungsuntersuchungen sowie der auf der Erde induzierten Ströme aufzufinden.

Gehen die Sonnenflecken durch den Zentralmeridian der Sonne, so treffen die ausgeschleuderten Elektronenschwärme die Erde. Durch das erdmagnetische Feld werden die eingeschlossenen Elektronen beim Eindringen in die Erdatmosphäre weitgehend zu den Polen hin abgelenkt. Diese Elektronenstrahlen regen einen Teil der Atome der Luft zum Leuchten (Polarlichter) an, ein weiterer Teil wird ionisiert. Die Häufigkeit der Polarlichter in den verschiedenen magnetischen Breiten — die maximale Häufigkeit liegt bei einem Polabstand von etwa 20 ° — läßt auf die Energieverteilung der von der Sonne ausgehenden Elektronen schließen; diese müßten auf Grund der Messungen Geschwindigkeiten besitzen, die bis auf wenige hundert Meter an die Lichtgeschwindigkeit herankommen. Die wunderbaren Leuchterscheinungen[1]) als Bogen, Draperien, Korona und dgl. lassen die durch den Erdmagneten bestimmten Bahnen der Elektronenschwärme, die für geringere Elektronenenergien mit einer künstlichen magnetisierten Terella (Modellerde) im Laboratorium nachgebildet werden konnten, deutlich erkennen.

Das erdmagnetische Feld wird nicht ausschließlich durch den permanenten Magneten Erde bewirkt. Denn die außerordentlich schnellen und feinen Variationen (sog. Elementarwellen) der magnetischen Intensität können nicht ohne irgendwelche äußere Einwirkung erklärt werden. Befreit man die Intensitätsmittelwerte von Tag zu Tag vom jährlichen Gang und den kurzen zeitlichen Variationen, so bleibt eine Variation übrig, die an jedem Punkt der Erde gleich ist. Die physikalische Ursache ist ein elektrischer Ringstrom, welcher die Erde in der Ebene des magnetischen Äquators in weitem Abstand (mehrere Erdradien) umkreist. Dieser Ringstrom wird von denjenigen Elektronen gebildet, die von der Sonne ausgehend durch das erdmagnetische Feld in periodische Bahnen um die Erde abgelenkt werden. Da die Zusendung von Elektronen auf die Erde diskontinuierlich erfolgt, wird auch das durch den Ringstrom induzierte und sich dem reinen Erdmagnetismus überlagernde magnetische Feld einen pulsierenden Charakter haben und so zu den Elementarwellen Anlaß geben.

Der Verlauf größerer Störungen ist nicht immer gleich. Typisch jedoch ist die zunächst einsetzende starke Intensitätssteigerung des Feldes mit einer Dauer von etwa 1 Std. Hierauf folgt im allgemeinen ein schnelles Absinken der Intensität weit unter den Normalwert, und erst nach Tagen wird der alte Wert wieder erreicht. Diese sogenannte Nachstörung wird im wesentlichen dem allmählichen Abklingen des Ringstromes zugeschrieben.

Die elektrischen Spannungen, die durch die schnellen Änderungen des Magnetfeldes während derartiger magnetischer Stürme induziert werden, können wesentliche Erdströme in Kabel- und Telephonleitungen bewirken. Während in unseren Breiten Höchstwerte von 0,5 V/km beobachtet werden können, liegen die Verhältnisse in polnahen Gegenden wesentlich günstiger, so daß dort während der starken magnetischen Stürme im Januar, April und Mai des Jahres 1938 mit Spannungen von einigen hundert Volt in den Drahtleitungen gerechnet werden

[1]) Müller-Pouillet V., 1. Hälfte, Abb. 217 bis 219 Tafel VII, S. 486 bis 494. Vieweg & Sohn, Braunschweig.

mußte. Nach verschiedenen Mitteilungen aus Norwegen sind dort besonders während des großen Sturmes am 16. April 1938 Lichtbogen an elektrischen Leitungen aufgetreten und haben zum Durchschmelzen von zahlreichen Sicherungen im Telegraphenverkehr geführt.

Gleichzeitig mit den Schwankungen der Intensität des Erdmagneten und Auftreten von Erdströmen wurden Änderungen in der Struktur der Ionosphäre beobachtet. Die Ionosphäre besteht aus mehreren ionisierten Zonen (Heaviside-Schicht), von denen die wesentlichsten in rd. 100 km (E-Schicht) und über 200 km (F-Schicht) Höhe liegen. Die Bedeutung dieser Schichten liegt für die Ausbreitung der elektromagnetischen Rundfunkwellen darin, daß sie als elektrische Leiter die Wellen reflektieren (vgl. Abb. 1, die die Meßanordnung für die Höhe der Schichten

Abb. 1. Die Höhe der ionosphärischen Schichten wird durch die zeitliche Differenz des Auftretens der Boden- und Ionosphärenwelle im Empfänger bestimmt. Die Trägerdichte kann durch die Grenzwellenlänge, die gerade noch reflektiert wird, errechnet werden.

wiedergibt), wodurch überhaupt erst ein Rundfunkempfang auf größere Entfernungen möglich ist. Eine Änderung in der Struktur der Schichten wird also notwendig eine Änderung in der Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen (Fadings und dgl.) zur Folge haben. Das zeitliche Zusammentreffen von größeren Sonneneruptionen und den Kurzwellenfadings läßt darauf schließen, daß die ionosphärischen Störungen wohl im wesentlichen solaren Ursprungs — und zwar überwiegend vom ultravioletten Teil der Strahlung herrührend — sind. In höheren magnetischen Breiten beobachtet man bei schwachen magnetischen Störungen eine starke Zunahme der Ionisierung in allen Schichten. Sind die Störungen jedoch stärker, so werden die Kurzwellenechos ziemlich gleichmäßig aus allen Höhen über 100 km beobachtet. Bei sehr starken Störungen dringen die geladenen Korpuskeln wahrscheinlich bis unter die E-Schicht (100 km) vor und bewirken dort eine so starke Ionisierung, daß sämtliche Wellen dort bereits absorbiert werden.

Die Ultrastrahlung[2]) wird ebenfalls von dem Erdmagneten weitgehend beeinflußt. Die Tatsache, daß die Intensität der Strahlung in Seehöhe von den Polen zum Äquator hin um etwa 17 % abnimmt (Breiteneffekt), ließ erst mit Sicherheit auf die korpuskulare Natur der Strahlung schließen. Neben diesem ständigen Einfluß des erdmagnetischen Feldes verursachen aber auch dessen Schwankungen naturgemäß Schwankungen in der Ultrastrahlungsintensität. Übereinstimmend wurde während der großen magnetischen Stürme des vergangenen Jahres in allen Laboratorien eine Intensitätsverminderung bis um einige Prozent beobachtet. Diese Verringerung der Intensität kann durch Änderung der Bahnen im Magnetfeld, vor allem aber auch durch erhöhte Absorption der Strahlung in den Gebieten größerer Trägerdichte erfolgt sein.

Der Zusammenhang zwischen den einzelnen besprochenen Effekten geht aus dem Gesagten deutlich hervor. Jedoch ist zur Zeit die innere Struktur der Vorgänge und insbesondere der quantitative Zusammenhang noch keineswegs restlos geklärt. Erst durch eine intensive Zusammenarbeit der geophysikalischen und physikalischen Laboratorien auf der ganzen Erde wird allmählich vollkommene Klarheit in den gesamten Fragenkomplex gebracht werden können. J. Juilfs.

[2]) Vgl. ETZ 59 (1938) S. 1053.

Neue Fernsprechstationen.

DK 621.395.6

Zunächst wird der neue nur aus drei Preßstoffteilen bestehende Handapparat beschrieben[1]). Für seine Formgebung waren folgende Gesichtspunkte maßgebend: Festigkeit, Schutz gegen Berührung mit spannungführenden Teilen, glatte Oberfläche zwecks guter Reinigung. Der Kontakt mit Mikrophon und Telephon wird wegen der leichten Auswechselbarkeit mit Federkontakten hergestellt. Die gleichen Gesichtspunkte wurden auch bei den neuen Säulentischapparaten (desk-stand, eine Ausführung mit getrenntem Mikrophon und Telephon, die in Deutschland nicht mehr gebräuchlich ist) und bei den Wandstationen berücksichtigt. Ausführlich wird anschließend das neue Mikrophon und Telephon beschrieben.

Das neue Mikrophon hat eine konische, durch eingeprägte Rippen versteifte Aluminiummembran, die am Umfang zwischen dünnen Papierringen eingespannt ist. An der Membran ist die halbkugelähnliche bewegliche Elektrode befestigt, die in die Grießkammer hineinragt. Letztere wird aus keramischem Isolierstoff hergestellt und durch eine Seidenscheibe abgedichtet. Den Boden der Kammer bildet die feste Elektrode, die wie auch die bewegliche vergoldet ist. Eine dünne Schutzmembran vor der Aluminiummembran schützt das Innere des Mikrophons vor dem Kondenswasser des Atems. Als besondere Eigenschaften des Mikrophons hebt Jones hervor: 1. geringe Lagenabhängigkeit, 2. nur geringe Alterung im praktischen Betrieb, 3. größere Empfindlichkeit und ausgeglichenere Frequenzkurve, 4. wesentlich geringere Modulation durch nichtlineare Verzerrungen.

Die geringe Lagenabhängigkeit wird durch die zweckmäßige Form der Kohlekammer und der beweglichen Elektrode sowie durch Wahl des richtigen Fülldruckes erreicht. Die Lautstärke und Qualität der Sprache, der Mikrophonwiderstand sowie das Mikrophonrauschen sind nach den mitgeteilten Meßergebnissen weitgehend von der Lage unabhängig. Die noch vorhandene geringe Alterung des Mikrophons ist nur noch auf die mechanische Oberflächenabnutzung des Kohlegrießes zurückzuführen; eine zu große Erwärmung der Kohlekontakte wurde vermieden. Endlich soll die Lebensdauer durch die maschinelle Füllung des Mikrophons und durch den Schutz gegen Kondenswasser erhöht worden sein. Die ausgeglichenere Frequenzkurve wurde durch eine richtige Abstimmung aller Massen, Steifigkeiten und Reibungswiderstände erreicht. Das elektrische Ersatzschaltbild, die darnach berechnete und die gemessene Frequenzkurve des Mikrophons wird angegeben. Der Kohlegrieß wird in die Rechnung als konstanter Widerstand und konstante Steifigkeit eingeführt. Da die Membran zum Schutz gegen langsame Druckschwankungen großer Amplitude ein kleines Loch hat, fällt das Übertragungsmaß des Mikrophons unterhalb 300 Hz ab. Das Mikrophon wurde sowohl in einer Druckkammer als auch im Schallfeld gemessen. Als Maß für die nichtlinearen Verzerrungen endlich gibt Jones den Differenz- und Summations-Ton in Abhängigkeit vom Schalldruck an. Nach seinen Messungen ist vor allem der besonders störende Differenz-Ton beim neuen Mikrophon bis zu 20 db kleiner als beim alten.

Das neue zweipolige Telephon hat Polschuhe aus 45 % Permalloy, zwei permanente Magnete aus Remalloy und eine nicht eingespannte sondern nur magnetisch gehaltene Membran aus Permendur. Die permanenten Magnete sind an die Polschuhe angeschweißt. Hinter der Membran sitzt eine Fiberplatte und schließt einen Hohlraum ab, der nur durch ein kleines durch eine Seidenscheibe gedämpftes Loch mit dem Raum hinter dem Telephon in Verbindung steht. Eine Schutzmembran aus imprägnierter Seide verhindert das Eindringen von Fremdkörpern und von Feuchtigkeit. Als wesentliche Eigenschaften des neuen Telephons führt Jones an:

1. Alle größeren Resonanzen im wichtigen Frequenzbereich wurden vermieden, die Frequenzkurve also wesentlich verbessert.
2. Das Telephon ist temperaturunabhängig.

[1]) W. C. Jones, Electr. Engng. 57 (1938) S. 559; 5. S., 10 Abb.

3. Trotz der Verbesserungen hat das Telephon einen einfachen Aufbau und keine Einzelteile, die die Herstellung oder Wartung erschweren.

Wie beim Mikrophon gibt Jones auch für das Telephon das elektrische Ersatzschaltbild an, aus dem die Bedeutung der mechanischen, akustischen und elektrischen Größen des Telephons auf die Frequenzkurve hervorgehen. Ein Bild zeigt die Abhängigkeit der auf die Membran wirkenden Kraft bezogen auf ihre Masse von der Membrandicke und von der Polschuhfläche. An Hand dieser Darstellung konnte die günstigste magnetische Bemessung ermittelt werden. Die Temperaturunabhängigkeit wird auf die nur magnetisch gehaltene nicht fest eingespannte Membran zurückgeführt.

Zum Schluß geht Jones noch kurz auf die Stationsschaltung ein. Es handelt sich um eine Ausgleichschaltung, durch die Mikrophon und Telephon elektrische entkoppelt werden, um die akustische Rückkopplung zu verhindern und die Geräuschaufnahme zu vermindern. Endlich wird darauf hingewiesen, daß die neuen Stationen auch unter betriebsmäßigen Bedingungen untersucht worden sind. *Jan.*

Regeln für Klemmenbezeichnungen.

VDE-Ausschuß für Klemmenbezeichnungen.

DK 621.315.684/.685(083.133.1)

VDE 0570.

Entwurf.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.
Einspruchsfrist: 20. Mai 1939.

Ergänzung und Änderung zu VDE 0570/X. 38.

§ 4.

Gleichartige Wicklungen, Netzleitungen, Anzapfungen.

Es wird ein neuer Absatz angefügt, der folgendermaßen lautet:

„Eine Ausnahme von den vorstehenden Regeln bilden ferner die Bestimmungen des § 8 betr. Klemmenbezeichnungen polumschaltbarer Drehstrommotoren."

§ 5.

Anschlußstellen für Schutzmaßnahmen und Betriebserdung.

Anschlußstellen für Schutzmaßnahmen und Betriebserdung werden im Gegensatz zu den nach den §§ 3 und 4 mit Buchstaben bezeichneten Klemmen und Netzleitungen durch ein Symbol gekennzeichnet, und zwar:

Anschlußstellen für Erdung im gesamten Spannungsbereich (Schutzerdung nach VDE 0101 und 0141 sowie Betriebserdung)
durch das Erdungszeichen ⏚ nach DIN VDE 11[1]);

Anschlußstellen für Schutzleitungsanschlüsse in Anlagen unter 1000 V (nach VDE 0100 und 0140) zur wahlweisen Verwendung für Erdung, Nullung oder Schutzschaltung
durch das Erdungszeichen im Kreise (⏚).

Eine Klemme kann unter Umständen mit Buchstabe und Symbol bezeichnet sein, z. B. Klemme *Mp* eines Wicklungssternpunktes, der unbedingt geerdet werden muß: *Mp* ⏚.

§ 8.

Wechselstrommaschinen, -anlasser und -regler.

Der erste Absatz bleibt bestehen; an Stelle des zweiten tritt folgender Wortlaut:

„a) Maschinen.

Die Klemmen polumschaltbarer Wicklungen werden abweichend von § 4 stets mit Beiziffern entsprechend den zugehörigen Polzahlen gekennzeichnet, und zwar sowohl bei getrennten Wicklungen wie bei solchen in Dahlander-Schaltung. Bei letzterer werden z. B. die Klemmen der Wicklung wie folgt bezeichnet:

$$U_8,\ V_8,\ W_8,\ U_4,\ V_4,\ W_4,$$

wobei die Wicklungsanzapfung

U_4 zwischen U_8 und V_8
V_4 zwischen V_8 und W_8
W_4 zwischen W_8 und U_8

liegen soll.

[1]) In Vorbereitung; Entwurf siehe ETZ 59 (1938) S. 733.

Bei Dahlander-Schaltung muß die Regel über Phasenfolge und Drehsinn nach § 9 für die Wicklung der höheren Polzahl eingehalten werden.

Bei der Wicklung der niederen Polzahl der Dahlander-Schaltung wird dann für denselben Drehsinn die Vertauschung zweier Netzleitungsanschlüsse notwendig, was in der Regel im Polumschalter erfolgt.

Allen polumschaltbaren Motoren ist ein Schaltbild beizugeben. Wenn bei mehrfach polumschaltbaren Motoren bei Einschaltung einer Wicklung in den anderen Wicklungen Verbindungsstellen geöffnet werden sollen, muß dies aus dem Schaltbild hervorgehen."

§ 14.

Beispiele für Klemmenbezeichnungen.

Das in Tafel VII angegebene Beispiel der Klemmenbezeichnungen eines Stromwandlers mit Anzapfungen wird wie folgt geändert:

Stromwandler mit Anzapfungen

K L
k l2 l1

Begründung des Ausschusses für Klemmenbezeichnungen zu dem vorstehenden Entwurf für Ergänzungen und Änderungen von VDE 0570.

Zu § 5:

Das Erdungszeichen ⏚, das international genormt ist, soll unter allen Umständen nur den einen Sinn haben, daß die mit ihm bezeichnete Klemme ausschließlich zum unmittelbaren Anschluß an Erde bestimmt ist. Anschlußstellen für die Schutzleitung, die nach VDE 0100 für Betriebsspannungen unter 1000 V zur wahlweisen Verwendung von Erdung, Nullung oder Schutzschaltung vorgeschrieben sind, sollen von den Klemmen für ausschließlichen Erdungsanschluß unterschieden werden, und zwar durch das Zeichen (⏚), das gewissermaßen das internationale Erdungszeichen in Klammern darstellt und damit immer noch den gegenwärtigen internationalen Vorschriften entspricht.

Es gibt Geräte, z. B. Heißwasserspeicher sowie Maschinen, bei denen eine Klemme ausschließlich für die Erdung und eine zweite Klemme für einen Schutzleitungsanschluß vorgesehen ist. Hierbei ist die unterschiedliche Bezeichnung der beiden Anschlüsse zur Vermeidung von Verwechselungen besonders notwendig.

Es ist beabsichtigt, nach der Inkraftsetzung des § 5 der Regeln für Klemmenbezeichnungen auch die übrigen diesbezüglichen VDE-Vorschriften entsprechend einheitlich zu ändern, wobei den Herstellern eine angemessene Übergangsfrist für die Anbringung der neuen Bezeichnungen zugestanden wird. In VDE 0720/1937 „Vorschriften für Elektrowärmegeräte" und in VDE 0751/II. 38 „Vorschriften für elektromedizinische Hochfrequenzgeräte zur Diathermie, Hochfrequenzchirurgie und Kurzwellentherapie" ist das Zeichen (⏚) für die Anschlußstellen der Schutzleitung bereits vorgeschrieben.

Zu § 8:

Die Bestimmungen des § 8 betr. polumschaltbare Drehstrommotoren haben zu einer Reihe von Rückfragen und Einwänden geführt, die den Ausschuß für Klemmenbezeichnungen zur Aufstellung des vorstehenden Änderungsvorschlages veranlaßt haben.

Die bisherige Regelung, die eine sinngemäße Anwendung des § 4 vorsieht, schreibt die Verwendung von Beibuchstaben für getrennte Wicklungen und von Beiziffern für die Dahlander-Wicklung vor. Dadurch ergeben sich u. U. etwas komplizierte und nicht sehr sinnfällige Klemmenbezeichnungen, z. B. bei Motoren für 3 oder 4 Drehzahlen (Ua_1, Ua_2, Ub_1, Ub_2 usw.). Im vorstehenden Entwurf ist daher die Benutzung der Polzahl als Beiziffer zur Klemmenbezeichnung als einfachere Lösung vorgeschlagen. Sie hat u. a. den Vorteil, daß das Drehzahlverhältnis unmittelbar aus den Klemmenbezeichnungen abgelesen werden kann.

Bei einer Dahlander-Wicklung für die Polzahlen 8 und 4 würden hiernach die Klemmen mit U_8, V_8, W_8 und mit U_4, V_4, W_4 zu bezeichnen sein, wobei U_4 zwischen U_8 und V_8, V_4 zwischen V_8 und W_8, W_4 zwischen W_8 und U_8 liegt. Beim Anschluß von R an U_8, S an V_8, T an W_8 soll sich dann Rechtslauf des Motors ergeben. Um auch beim Anschluß an die Klemmen der Polzahl 4 Rechtslauf zu erhalten, müssen dann zwei Zuleitungen gekreuzt werden.

Der Ausschuß hielt es für vorteilhafter, diese Kreuzung nicht durch Vertauschen der Bezeichnungen zweier Klemmen für die niedrigere Polzahl vorzunehmen, um nicht die Sinnfälligkeit der Bezeichnungen zu stören. Die Vertauschung wird vielmehr, wenn ein Polumschalter mitgeliefert wird, selbsttätig von diesem vorgenommen. Dieser Fall dürfte der häufigste sein. In dem selteneren Fall, daß der Motor von einer auf die andere Drehzahl umgeklemmt wird, muß der Kunde selbst zwei Zuleitungen vertauschen. Durch die weitere Forderung, daß allen polumschaltbaren Motoren ein Schaltbild beigegeben werden muß, dürften Irrtümer weitgehend ausgeschlossen sein.

Vorschriften für elektrische Anlagen in Theatern und Versammlungsräumen, Geschäftshäusern und fliegenden Bauten.

VDE-Ausschuß für Theateranlagen.

DK 621.316(083.133.1) : 725

VDE 0108.

Entwurf.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Einspruchsfrist: 20. Mai 1939.

Ergänzung des in ETZ 59 (1938) S. 777 veröffentlichten Entwurfs.

§ 2.

Geltungsbereich.

a) Die Vorschriften gelten neben den allgemeinen VDE-Vorschriften zusätzlich für Errichtung und Betrieb elektrischer Anlagen in

1. Theatern, Versammlungsräumen und festen Zirkusbauten,
2. Lichtspieltheatern,
3. Waren- und Geschäftshäusern,
4. Fliegenden Bauten.

§ 6.

Verlegung und Motorschutz.

Der § 6 erhält folgenden Zusatz:

d) Motorische Antriebe, bei denen durch Überlastung im Betriebe eine Gefahr entsteht, sind durch Motorschutzschalter nach VDE 0665 zu schützen.

§ 7.

Allgemeinbeleuchtung.

Die bisherige Vorschrift d) wird Vorschrift e).

d) Wärmegeräte müssen so beschaffen sein und so aufgestellt werden, daß sie keine Entzündung brennbarer Stoffe verursachen können. Dementsprechend müssen die Öffnungen von Wärmestrahlern mit offenem Glühkörper durch Gitter verkleidet sein.

V. Sonderbestimmungen für fliegende Bauten, wie Wanderzirkusse, Schaustellungen, Jahrmärkte, Messen, Ausstellungen.

§ 17.

Leitungen und Geräte.

a) Starkstromanlagen für fliegende Bauten, die also in der Regel nur für kurze Dauer an einem Standort verbleiben, müssen ebenso sicher erstellt werden wie Daueranlagen. Daher müssen die allgemeinen Bestimmungen hinsichtlich mechanischer Sicherheit, zufälliger gefahrbringender Berührung, Schutz der Leitungen gegen unzulässige Erwärmung und Schutz gegen das Auftreten zu hoher Berührungsspannungen erfüllt werden.

b) Blanke Leitungen dürfen nur für Freileitungen und insoweit verwendet werden, als durch ihre Anordnung Gefahr ausgeschlossen ist.

Ungeschützte Gummiaderleitungen (NGA) sind nur außerhalb des Handbereiches zugelassen; im Handbereich dürfen nur geschützte Leitungen oder Gummischlauchleitungen mittlerer Ausführung (NMH) oder diesen mindestens gleichwertige Leitungen verlegt werden. Bei festverlegten Leitungen sind Abweichungen in bezug auf die Entfernung der Befestigungsstellen der Leitungen voneinander, von Wänden und dergleichen zulässig.

An Stellen, wo sich für die übliche feste Verlegung von Leitungen durch die örtlichen Verhältnisse Schwierigkeiten ergeben, sind Gummischlauchleitungen mittlerer Ausführung (NMH) oder diesen mindestens gleichwertige Leitungen zu verwenden.

In Manege- und Zuschauerräumen, z. B. von Zirkuszelten, sind vorzugsweise Gummischlauchleitungen mittlerer Ausführung (NMH), in Ställen, Arbeits- und diesen gleichzustellenden Betriebsräumen solche starker Ausführung (NSH) oder diesen mindestens gleichwertige Leitungen zu verwenden. Freihängende Leitungen müssen so befestigt werden, daß Beschädigungen durch Durchhang und Scheuern nicht zu befürchten sind.

Verbindungen von Gummischlauchleitungen untereinander und an Abzweigungen sind entweder durch Verschraubungen auf fester unbrennbarer Unterlage oder durch Kupplungsvorrichtungen herzustellen. Die Anschlußstellen der Gummischlauchleitungen sind von Zug zu entlasten.

c) Bei Schalt- und Verteilungsanlagen für Spannungen bis 250 V gegen Erde ist Holz, wenn es gegen die Einwirkungen von Feuchtigkeit und Nässe geschützt ist, als Baustoff, nicht aber als Isolierstoff zulässig.

Die Schalt- und Verteilungsanlagen sind durch Warnungstafeln zu kennzeichnen und durch Schutzgitter, Schutzverschläge oder dergleichen gegen den Zutritt Unberufener abzugrenzen.

Jede Anlage (z. B. Ausstellungsstände, Schaubuden) muß für sich vom Netz durch einen Hauptschalter abtrennbar sein, der alle gegen Erde spannungführenden Leitungen schaltet.

Die Vereinigung aller Stromsicherungen wird nicht verlangt.

d) Für Illuminationsbeleuchtungen müssen Isolierstoff-Fassungen verwendet werden. Die Anschlußkontakte müssen abgedeckt sein.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.315.624.6

Nebelüberschlagsichere Isolatoren. [Nach M. Süberkrüb, Elektr. Bahnen 14 (1938) S. 235; 7½ S., 15 Abb.]

Für Isolatoren, die im Betrieb starken Verschmutzungen ausgesetzt sind, wie in der Nähe von Hochöfen, Hüttenwerken, Zementfabriken und bei gemischtem Dampf- und elektr. Betrieb von Bahnen, ist es wichtig, daß diese Isolatoren auch bei Verschmutzung noch genügend Sicherheit gegen Überschlag bei Nebel bieten.

Für Bahnzwecke wurden in bekannter Weise Weitschirm-Vollkernisolatoren, Stütz- und Stabisolatoren als einfache und doppelte Isolation für Hänge-, Abspann- und Schräglage unter Betriebsspannung von 20 kV in einem drehbaren Rad in einer Verschmutzungskammer mit verschiedenen Verschmutzungen von je 750 g Flugasche verschmutzt etwa 10 Minuten starkem Nebel und Dampf ausgesetzt, der Nebelüberschlagswert wurde dann von Fall zu Fall gemessen. Als Lichtbogenüberschlag galt diejenige Instrumentenangabe, bei der entweder infolge des plötzlichen Lichtbogeneinsatzes die Spannung absank oder bei weiterer Steigerung der Generatorerregung kein Spannungsanstieg mehr eintrat.

Da die gemessenen Überschlagswerte vielen Einflüssen ausgesetzt sind und stark streuen, wurden weitere ergänzende Versuchsreihen durchgeführt, in denen die nach sechs Verschmutzungsabschnitten mit starkem Belag versehenen Isolatoren auf Eistemperatur in einem Eiskasten unterkühlt und darauf nebel- und dampfgesättigter Luft ausgesetzt wurden. Die in Abständen von 2 Minuten gemessenen Überschlagswerte ergaben für jeden Isolator eine charakteristische Schaulinie mit ausgeprägtem Tiefpunkt. Den Abschluß bildete als dritte Versuchsreihe ein Ausscheidungsversuch, um festzustellen, in welcher Reihenfolge die einzelnen Isolatoren unter sonst gleichen Umständen bei steigender Verschmutzung im gemischtem Dampf- und elektrischen Betrieb ausfallen.

280   60ø   376   170ø (180ø)

Abb. 1. Zwischenbauform zwischen Stab- und Weitschirmisolator.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß allgemein Reihenschaltung von Isolatoren nur dann Erfolg bringt, wenn die Oberfläche des Isolators nach der Verschmutzung nicht praktisch leitend geworden ist, sondern infolge der Formgebung des Porzellans bei vollem Schmutz- und Feuchtigkeitsbelag immer noch ein genügend großer Oberflächenwiderstand vorhanden ist[1]). Isolatoren mit Rippen (Stabisolatoren) sind bei Verschmutzungen und starkem Feuchtigkeitsbelag ungünstig. Isolatoren mit Schirmen haben bessere Eigenschaften, wobei die großen Schirme unzweckmäßig sind; eine Vereinigung von Stabisolatoren mit zwei Schirmen ergibt eine erhebliche Verbesserung, wobei Tropfkanten wegen der sich daran festsetzenden Verschmutzungsnester ungünstig sind. Eine Zwischenbauform zwischen Stab- und Weitschirmisolator (Abb. 1) ergibt eine Bauform, die bei starker Verschmutzung und vollem Feuchtigkeitsbelag sich sowohl für Hängezwecke als auch für Auslegerund Schalterzwecke bestens eignet. *Sb.*

DK 621.315.17

22 kV-Leitung mit Hängeisolatoren auf Holzmasten. [Nach G. Müller, Rev. gén. Électr. 44 (1938) S. 757; 4½S., 6 Abb.]

Zur Erhöhung der Betriebsspannung von 13,5 kV auf 22 kV mußte eine bisher mit Stützenisolatoren auf Holzmasten ausgerüstete Freileitung umgebaut werden, da eine einfache Auswechselung der vorhandenen Stützenisolatoren gegen größere nicht möglich war. Beim Umbau sollten deshalb Hängeketten verwandt werden. Die Leitung besteht aus 3 Kupferseilen von 25 mm² Querschnitt und einem Stahlseil von 35 mm² Querschnitt als Erdseil. Der Abstand der Holzmaste betrug bei der alten Leitung im Mittel 45 m. Der eine mögliche Weg, die Leitung von Grund auf durch Verwendung von Eisengittermasten mit 100 bis 120 m Abstand umzubauen, wurde verworfen und dafür die Strecke aus den vorhandenen Holzmasten unter Ausmerzung der nicht mehr brauchbaren Stücke neu errichtet.

Da die Verwendung von Hängeisolatoren sich erst bei Spannweiten ab 100 m als wirtschaftlich erweist, wurden auch für die Holzmaste Spannweiten von 100 m angestrebt. Dies war nur möglich, weil die Bodenverhältnisse sehr günstig waren. Auf Grund von Versuchen und Rechnungen, die zu einer schon in ähnlicher Form von M. Süberkrüb[1]) angegebenen Formel führten, entschloß man sich, Doppelholzmaste mit besonderen Füßen zu verwenden; die Masten sind insgesamt 12 m lang und sind 1,8 m eingegraben. Die Traversen bestehen aus verzinktem Eisen. Als Winkelmaste dienen A-Maste mit Eisenquerversteifungen. Das Schutzseil ist an jedem fünften Mast geerdet. Der Erdungswiderstand beträgt im Mittel 5 Ω je Mast, der Erdwiderstand der ganzen Leitung etwas über 1 Ω. *HM.*

DK 621.316.13.018.3 : 621.316.014.7

Können gefährliche Spannungsschwingungen zwischen zwei Phasen eines Dreiphasensystems auftreten, wenn die dritte Phase plötzlich geerdet wird? [Nach K. Faye-Hansen, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 13; 4 S., 2 Abb.]

Im allgemeinen wird angenommen, daß beim plötzlichen Erdschluß in den beiden gesunden Phasen die gleichen Eigenschwingungen auftreten, so daß keine Überspannungen zwischen diesen dadurch entstehen können. Dies stimmt auch, wenn, wie gewöhnlich stillschweigend angenommen wird, die Induktivitäten und die Kapazitäten der verschiedenen Phasen alle gleich sind. Diese Voraussetzung ist jedoch nie genau erfüllt, so daß gewöhnlich Schwingungen von zwei verschiedenen Frequenzen auftreten, deren Kompenenten für die beiden gesunden Phasen verschieden sind.

Bei den normal vorkommenden Unterschieden der Kapazitäten oder Induktivitäten (10 bis 20%) wird der Höchstwert der Spannung der Eigenschwingungen zwischen den beiden gesunden Phasen nur etwa von der Größenordnung 10 bis 20% des Höchstwertes der Eigenschwingungen zwischen den gesunden Phasen und der geerdeten betragen. Die Spannungen zwischen den gesunden Phasen sind folglich ganz ungefährlich. Bei anormalen Netzzuständen, z. B. Leiterbruch, können die Unterschiede der Kapazitäten bzw. Induktivitäten der verschiedenen Phasen aber sehr beträchtlich werden.

Bei etwas vereinfachten Annahmen wird mathematisch gezeigt, daß bei gleichen Induktivitäten, aber verschiedenen Kapazitäten der Phasen die Eigenschwingungen zwischen den beiden gesunden Phasen etwa denselben Höchstwert derSpannung wie die Eigenschwingung zwischen der geerdeten Phase und den gesunden erhalten können. Bei gleichen Kapazitäten und verschiedenen Induktivitäten kann der Höchstwert der Spannung der Eigenschwingungen zwischen den beiden gesunden Phasen einen um etwa 50% größeren Wert erreichen als zwischen den gesunden Phasen und der geerdeten.

Zuletzt wird darauf hingewiesen, daß die durch einen Leiterbruch entstehende größere Induktivität einer Phase beim Erdschluß einer anderen Phase zu Resonanz zwischen einer der Eigenschwingungen und der Betriebsfrequenz führen kann, auch wenn bei normalen Verhänissen keine Resonanzgefahr besteht. Es können auch dabei „Kippschwingungen" beim dauernden Erdschluß einer Phase entstehen und hierdurch gefährliche Spannungen zwischen allen 3 Phasen ausgelöst werden. *Fa. H.*

[1]) F. Obenaus, ETZ 56 (1935) S. 369; M. Süberkrüb, ETZ 56 (1935) S. 955.

[1]) M. Süberkrüb: Die Gründung von Holzmasten; Springer, Berlin 1932.

Elektrische Maschinen.

DK 621.313.222.001.13

Ein neuer Weg zur elektrischen Bemessung von Gleichstrom-Reihenschlußmaschinen. [Nach R. Seidl, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 604; 2½ S., 0 Abb.]

Im Bau mittlerer und kleinerer Maschinen liegen mit Rücksicht auf die Fertigung großer Stückzahlen der magnetische Kreis und der Wickelraum für jede Type fest. Aus diesen Größen muß der entwerfende Berechner ein Bestmaß von Leistung und technischen Daten herausholen. Beim Entwurf einer Gleichstromreihenschlußmaschine kann nun bei gegebener Leistung eine bestimmte Drehzahl entweder mit vielen Ankerwindungen und kleinem Fluß, also wenig Feldwindungen oder mit wenig Ankerwindungen und vielen Feldwindungen erreicht werden. Im ersten Fall wird der Anker, im zweiten das Feld der elektrisch höchst beanspruchte Teil sein. Das richtige Verhältnis beider Windungszahlen festzulegen, wird daher für den Entwurf besonders wichtig sein.

Für jede Maschinentype sind magnetische Leitfähigkeit (d. i. das Verhältnis von Fluß zu Amperewindungen) und die Leerverluste bekannt. Unter Einführung des Wickelraums und der Kupferfüllfaktoren gelingt es, aus den Grundgleichungen für die Leistung, die Spannungen und ohmschen Spannungsabfälle in der Maschine, für die Kupferverluste im Anker, Feld- und Wendepol Gleichungen abzuleiten, in denen nur die Abmessungen der Maschine, das Luftspaltdrehmoment und das Windungszahlverhältnis $\ddot{u}$ zwischen Feld und Anker vorkommen. Für geringste Verluste ergibt sich ein ganz bestimmter Wert für $\ddot{u}$, aus dem dann aus angegebenen Gleichungen die Windungszahlen der Wicklungen bestimmt werden können. Diese Auslegung für besten Wirkungsgrad hat gleiche Verluste im Anker und Feld. Da aber der Anker als umlaufender Teil mehr Verluste als das Feld abführen kann, ist hiermit nicht die höchste Ausnutzung des Modells gegeben. Diese bedingt eine Verschiebung der Verluste zum Anker hin. Auch für diesen Fall wird die Formel für $\ddot{u}$ mitgeteilt.

Bei der Anwendung des Verfahrens bestimmt man zunächst das Windungszahlverhältnis $\ddot{u}$, wobei man sich zu entscheiden hat, ob bester Wirkungsgrad oder höchste Leistung erzielt werden soll. Aus diesem Verhältnis wird dann mit Hilfe einer weiteren Gleichung die Windungszahl des Feldes bestimmt. Damit ist natürlich auch die Windungszahl des Ankers bekannt. Es ist dann noch zu prüfen, ob die Verluste in den einzelnen Wicklungen mit Rücksicht auf die Erwärmung zulässig sind. *Pz.*

Geräte und Stromrichter.

DK 621.319.52.027.7

Entwurf von Vervielfachungsschaltungen für höchste Gleichspannungen. [Nach E. Pugno Vanoni, Elettrotecnica 25 (1938) S. 766; 5 ½ S., 19 Abb.]

Der Verfasser gibt zunächst ein graphisches Verfahren zur Bestimmung der Welligkeit von Gleichspannungen an, die in Kondensator-Gleichrichter-Schaltungen erzeugt werden. Er zeigt einen Weg, um die Spannungsabfälle während der Aufladung der Kondensatoren durch die Ventile zu berechnen und gibt an, wie diese Spannungsabfälle auch in der graphischen Lösung berücksichtigt werden können. Es zeigt sich, daß bei einem bestimmten Verhältnis der Größe der Kapazitäten der einzelnen Stufen der Gesamtspannungsabfall ein Mindestwert wird und auch die Spannungsschwankung, die sogenannte Welligkeit, gering gehalten werden kann. Wichtig ist dabei, den Spannungsabfall in den unteren Stufen klein zu halten und die kleinstmögliche Vervielfachung zu wählen, die es erlaubt, mit den zur Verfügung stehenden Ventilen die gewünschte Spannung noch zu erreichen. Für kernphysikalische Versuche wurde an der Universität Padua ein 1000 kV-Gleichstrom-Generator entworfen, dessen Aufbau der Schaltung Abb. 2 entspricht. Einen Bandgenerator[1]) zu verwenden, verbietet die hohe Luftfeuchtigkeit in Padua. Da die Anlage mit ungerader Stufenzahl arbeitet, ist sie im Gegensatz zu den von A. Bouwers und A. Kuntke[2]) und H. Mehlhorn[3]) beschriebenen Anlagen nicht als eine Villard-Greinacher-Schaltung, sondern als reine Greinacher-Schaltung aufgebaut (Abb. 2).

Der Generator in Padua wird von einem 10 kVA-Transformator für 200 V/150 kV und 500 Hz gespeist. Die Kondensatoren werden über Glühkathodenventilröhren mit 400 kV Sperrspannung aufgeladen. Die Ventile werden je durch einen Gleichstrom-Generator geheizt. Die Heizgeneratoren werden in zwei Gruppen durch je einen Motor über Isolierwellen angetrieben. An die eine Gruppe ist, ebenfalls über Isolierwellen,

$C_1 = 4 \cdot 10^{-9}\,\text{F} = 4\,\text{nF}$
$C_2 = C_3 = 2 \cdot 10^{-9}\,\text{F} = 2\,\text{nF}$
$C_4 = C_5 = 1 \cdot 10^{-9}\,\text{F} = 1\,\text{nF}$
$D_1 \cdots D_5$ Hochvakuumglühventile für 400 kV Sperrspannung
$d_1 \cdots d_5$ Gleichstromgeneratoren zur Heizung der Ventile $D_1 \cdots D_5$
T Transformator
M Drehstromantriebsmotoren, die mit den Heizgeneratoren über Isolierwellen verbunden sind
A Motorgenerator zur Erzeugung von Einphasenwechselstrom für den Gleichrichtersatz der Ionenquelle

Abb. 2. Schaltung des 1000 kV-Gleichstromgenerators für das Physikalische Institut der Universität Padua.

Abb. 3. Ansicht des Generators nach Schaltung Abb. 2.

1) E. U. Condon, ETZ 59 (1938) S. 1039.
2) ETZ 58 (1937) S. 1164.
3) ETZ 60 (1939) H. 3, S. 78.

ein Wechselstrom-Generator mit Transformator und Glühventil zur Ionenerzeugung angeschlossen. Abb. 3 zeigt den räumlichen Aufbau der Anlage.

Der Generator liefert im Leerlauf 1000 kV, bei einer Belastung mit 2 mA 950 kV. *HM.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.755.014.33+.015.33

Die Aufzeichnung schneller Ausgleichvorgänge mit der Braunschen Röhre. [Nach D. I. McGillewie, J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938) S. 657; 6 S., 12 Abb., und K. J. R. Wilkinson, J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938), S. 663; 10 S., 17 Abb.]

In der Kathodenstrahloszillographie stehen heute je nach dem Anforderungsbereich grundsätzlich zwei Ausführungsarten zur Verfügung: der Kaltkathodenoszillograph für höchste Schreibgeschwindigkeiten (handelsüblich bis zu 30 000 km/s[1]) und der Elektronenstrahloszillograph mit abgeschmolzener Braunscher Röhre, dessen Schreibgeschwindigkeit nur etwa 50 km/s beträgt[2]). Ein Oszillograph, der die Einfachheit der Braunschen Röhre mit höheren Schreibgeschwindigkeiten (in der Größenordnung von 1000 km/s) vereinigt, hätte demnach sehr große Vorteile und könnte überall dort eingesetzt werden, wo es sich um normale, fabrikationsmäßige Stoßvorgänge handelt und wo die Hochleistungsoszillographen einen zu großen Aufwand darstellen. Daß die heutigen Oszillographenröhren diesen Anforderungen noch nicht entsprechen, ist erst kürzlich nachgewiesen worden[3]). Während deshalb in den V. S. Amerika bereits vor längerer Zeit zur Erfassung derartiger Aufgaben Oszillographen mit Braunschen Röhren bis zu 15 kV entwickelt wurden[4]), sind jetzt auch in England zwei Arbeiten hierüber veröffentlicht worden. Die erste[5]) befaßt sich unmittelbar mit einem Hochspannungs-Oszillographen für Stoßvorgänge. Eine Hochvakuum-Oszillographenröhre mit 5 kV Anodenspannung und 140 mm Schirmdurchmesser ist mit einem Zeitkreis nach Abb. 4 zusammengeschaltet. Die über R_L symmetrisch

C	Zeitkreiskondensator	R_e	Entladewiderstand
C_w, R_w	Ankopplung der Helligkeitssteuerung	R_L	Aufladewiderstand
F	Funkenstrecke	R_S	Steuerwiderstand

Abb. 4. Zeitkreis für einmalige Vorgänge.

gegen Erde aufgeladenen Kondensatoren C werden über R_e und die Funkenstrecke F entladen und liefern dabei die notwendige Zeitablenkspannung, wenn das Potential der mittleren Kugel, die über den Steuerwiderstand R_s (1 MΩ) geerdet ist, kurzzeitig durch den Meßvorgang gehoben wird, so daß F zündet und die Kondensatorspannung zusammenbricht. Gleichzeitig erhält der Wehneltzylinder, der durch eine negative Vorspannung den Strahl sperrt, über C_w und R_w einen positiven Impuls und bewirkt eine Hellsteuerung des Elektronenstrahls. Die Schnelligkeit der Ablenkung wird über C, R_e, die Dauer der Hellsteuerung über C_w, R_w geregelt. Eine Eichmöglichkeit über einen von der Kondensatorspannung angestoßenen Schwingkreis ist vorgesehen. Erreicht werden entsprechend der niedrigen Anodenspannung nur Schreibgeschwindigkeiten von etwa 20 km/s bei einer Gesamtverzögerungszeit des Zeitkreises von etwa 0,25 µs. Dagegen wird in der Aussprache ein Oszillograph erwähnt, dessen Röhre bei 10 kV Anodenspannung maximale Schreibgeschwindigkeiten von 450 km/s erlaubt. Es sei hier übrigens bemerkt, daß ein anderer, an sich sehr naheliegender Diskussionsvorschlag, nämlich die Verwendung von Fernseh-Projektionsröhren, deshalb im allgemeinen nicht durchführbar ist, weil bei diesen Röhren infolge ihres sehr divergenten Strahls nur magnetische Ablenkung möglich ist.

Ein grundsätzlich anderer Weg[1]) zur Aufnahme einmaliger Vorgänge besteht unter Zuhilfenahme schwachstromtechnischer Verfahren darin, den zu untersuchenden Ausgleichvorgang periodisch anzustoßen und damit entweder unmittelbar zu beobachten oder das Photomaterial beliebig lange zu belichten. Eine derartige Anordnung hat natürlich nur modellmäßigen Wert und eignet sich insbesondere nicht für Hochspannungsuntersuchungen. Benutzt wird eine Schaltung nach Abb. 5.

L_1, R_1	Aufladeimpedanz des Zeitkreises	C_4	Kippkondensator des Impulskreises
C_1	Kippkondensator des Zeitkreises	Th_2	Entladeröhre des Impulskreises
Th_1	Entladeröhre des Zeitkreises	L_3	Synchronisierspule des Impulskreises
L_4, R_4	Aufladeimpedanz des Impulskreises		

Abb. 5. Zeitkreis zur periodischen Wiederholung einmaliger Vorgänge.

Ein normaler, aus L_1, C_1 und R_1 bestehender Kippkreis arbeitet mit einer Grundfrequenz von 1000 Hz; die Entladung von C_1 über das Entladerohr Th_1 und die Zeitablenkspule L_2 der Oszillographenröhre erfolgt sinusförmig, wobei der geradlinige Teil zur Schirmaussteuerung ausreicht. Der Entladestrom steuert wieder die Strahlhelligkeit über den Wehneltzylinder; gleichzeitig synchronisiert er über L_3 einen weiteren, aus L_4, R_4 und C_4 bestehenden Kippkreis, dessen über Th_2 erfolgende Entladungsstöße auf das zu untersuchende Netzwerk gegeben werden. Zusätzliche, sorgfältig abgeschirmte Ablenkspulen legen die Anfangslage des Leuchtflecks fest, während für den Meßvorgang elektrostatische Ablenkung vorgesehen ist. Die Brauchbarkeit des Oszillographen wird an Oszillogrammen dargelegt, die die Wanderwellengesetze bei Kabeln gut veranschaulichen. *Plw.*

Lichttechnik.

DK 621.326.017.8 : 535.241.48

Die Lichtausbeute von Glühlampen in Abhängigkeit von der Leistungsaufnahme bei verschiedenen Lampentypen. [Nach M. H. Pécheux, Rev. gén. Électr. 44 (1938) S. 807; 5 S., 4 Abb.]

Der Verfasser gibt auf Grund von Messungen an verschiedenen Lampentypen eine Formel für die Lichtausbeute in Abhängigkeit von der Leistungsaufnahme bei gleicher Lebensdauer. Die Konstanten dieser Formel werden aus 2 bis 3 Messungen der betreffenden Type errechnet. Die Kenntnis dieser Werte gibt die Möglichkeit, für eine vorgegebene Leistungsaufnahme die jeweils günstigste Lampentype auszuwählen.

Zu den Ergebnissen des Verfassers ist zu bemerken, daß nach anderweitigen Untersuchungen die Beziehung zwischen Lichtausbeute und Leistungsaufnahme nicht hinreichend genau durch die angegebene Formel wiedergegeben wird. Z. B. errechnet der Verfasser, daß bis zu einer Leistungsaufnahme von rd. 30 W die Langdrahtlampen eine günstigere Lichtausbeute geben als die gasgefüllten Einfachwendellampen. Die Praxis zeigt jedoch, daß die gasgefüllte Einfachwendellampe immer eine größere Lichtausbeute liefert als die Langdrahtlampe. *E. Nm.*

DK 628.93 : 621.326.652.1.001.24

Berechnung von Beleuchtungsanlagen mit linienförmigen Lichtquellen. [Nach J. Ondracek, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 585; 7½ S., 4 Abb.]

Die üblichen Formeln zur genauen Berechnung von Beleuchtungsstärken setzen das Vorhandensein von in ihren Abmessungen verhältnismäßig kleinen Lichtquellen voraus. Für

[1]) St. Buchkremer, ETZ 59 (1938) S. 1035.
[2]) C. Fröhmer u. H. Pieplow, Jb. AEG Forsch.-Inst. 5; Jul. Springer, Berlin 1938.
[3]) H. Schneider, ETZ 59 (1938) S. 1061.
[4]) H. P. Kuehni u. S. Ramo, Electr. Engng. 56 (1937) S. 721.
[5]) D. J. McGillewie, J. Instn. elctr. Engrs. 83 (1938) S. 657, Aussprache hierzu S. 673 bis 680.

[1]) K. J. R. Wilkinson, J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938) S. 663; Aussprache hierzu S. 673 bis 680.

die in den letzten Jahren auch für Raumbeleuchtungszwecke häufiger verwendeten linienförmigen Lichtquellen (z. B. Linestraröhren) sind besondere Ansätze für eine genaue Berechnung der Beleuchtungsstärken nötig, über die sich im Schrifttum nur vereinzelte Angaben finden. Neuerdings hat J. Ondracek eine Zusammenstellung veröffentlicht, in der, von der Vektorlinie der Beleuchtungsstärken ausgehend, die Gleichungen zur Berechnung der von linienförmigen Lichtquellen hervorgerufenen Beleuchtungsstärken abgeleitet werden. Da die praktische Anwendung dieser verwickelten Gleichungen gewisse Schwierigkeiten bereitet, hat Ondracek ein dreiseitiges prismatisches Meßlineal gebaut, dessen Benutzung die notwendigen Rechnungen abkürzt und vereinfacht. Hierfür enthält die Arbeit einige durchgerechnete Beispiele, die allerdings, wie auch der Ansatz für alle Gleichungen, von der nicht immer gesicherten Voraussetzung ausgehen, daß die Leuchtdichte der linienförmigen Lichtquellen auf ihrer ganzen Länge konstant ist. *A. Dr.*

DK 621.327.32 : 641.4.

Ein Ultraviolettstrahler für Keimtötung. [Nach S. G. Hibben u. P. W. Blackburn, Electr. Engng. 57 (1938) S. 455; 4½ S., 7 Abb.]

Eine Hochspannungs-Niederdruck-Quecksilberdampflampe, bei welcher mehr als 80% der strahlenden Energie in dem vorzugsweise bakterientötenden Wellenlängengebiet um 260 mμ ausgestrahlt wird, ist für Sterilisierung und Konservierung entwickelt worden.

Die Entladungsröhre ist mit aktivierten Metallelektroden versehen und hat eine Edelgasgrundfüllung. Der Druck des Quecksilberdampfes beträgt im Betriebe $3 \cdot 10^{-3}$ bis $7 \cdot 10^{-3}$ Torr Das Leuchtrohr hat einen Durchmesser von etwa 22 mm und wird in verschiedenen Längen zwischen 250 und 750 mm hergestellt. Die erforderliche Zündspannung ist hierbei 400 bis 850 Volt, die Klemmenspannung im Betrieb 275 bis 475 Volt. Der Betriebsstrom der Röhre beträgt etwa 35 mA, die Leistung etwa 0,2 Watt/cm Röhrenlänge. Als Vorschaltgerät wird ein Streutransformator verwendet. Mehrere Röhren können an einem solchen Transformator in Reihe geschaltet werden.

Das Leuchtrohr besteht aus einem Glas, welches die hier unerwünschte, vorzugsweise ozonbildende Strahlung unterhalb 200 mμ absorbiert. Die Durchlässigkeit bei der Wellenlänge 253,7 mμ beträgt 65% [Anm. d. Ber.: Nach Abb. 2 der Quelle rd. 45%]. Im Betriebe erreicht die Röhre etwa 5 bis 10° C über Raumtemperatur. Die Lebensdauer wird mit 4000 Stunden angegeben. Als Reflektorwerkstoff wird poliertes und oxydiertes Aluminium sowie Chrom empfohlen.

Messungen der keimtötenden Wirkung von Ultraviolettstrahlern können mit Hilfe einer Tantalzelle vorgenommen werden, deren spektrale Empfindlichkeit im Ultraviolett der bakteriziden Wirkungskurve entspricht.

Die Anwendung des Strahlers kommt bei der Entkeimung von Trinkgläsern in Frage, ferner zur Frischhaltung von Fleisch in Kühlräumen. Die Kühlraumtemperatur kann dabei auf + 7° C erhöht werden, wodurch eine höhere relative Feuchtigkeit der Raumluft und damit geringerer Gewichtsverlust der Fleischwaren durch Verdunstung ermöglicht wird. Wenn die Luft im Kühlraum künstlich bewegt wird, werden auch die nicht der Strahlung ausgesetzten Teile der Oberfläche vor Bakterienwachstum geschützt. Backwaren können sowohl während der Einwirkung der Hefe auf den Teig als auch während der Abkühlungszeit nach dem Backen durch Bestrahlung vor Schimmelbildung bewahrt werden. Die Keimfreimachung von Luft z. B. in dem Operationssaal der Krankenhäuser ist ein weiteres Anwendungsgebiet der Ultraviolettsterilisation. *Jo.*

Elektrowärme.

DK 621.365.33 : 666.1

Elektrisches Glasschmelzen. [Nach Y. R. Cornelius, Elektrowärme 8 (1938) S. 277; 6 S., 7 Abb.]

An den Niagara-Fällen arbeitet seit Spätherbst 1932 eine Wasserglasanlage mit 2 Öfen zur Gewinnung von 20 bis 30 t Wasserglas täglich. Der Ofen arbeitet ohne Unterbrechung 504 Tage mit einer Durchschnittsleistung von 1 t Silikatglas, bezogen auf 0,61 m² Oberfläche der Schmelzkammer. Der andere Ofen arbeitet 15 Monate mit durchschnittl. 1 t auf je 0,51 m² Schmelzfläche. Während 7 Monaten wurde sogar eine Durchschnittsleistung von 1 t/0,46 m² erreicht. Der Stromverbrauch beträgt etwa 880 bis 910 kWh/t, hochspannungsseitig gemessen. Der geringste Verbrauch war 725 kWh/t Niederspannungsmessung.

Die Frage: Einphasen- oder Dreiphasenofen wird erörtert und es wird festgestellt, daß vorläufig ein Einphasenofen vorzuziehen ist, daß aber der Drehstromofen die bessere Lösung bedeuten kann, wenn alle anderen Fragen gelöst worden sind.

Dann wird ein Glasschmelzofen — Bauart Cornelius — beschrieben. Dieser Ofen besteht aus einer Schmelzkammer und einer Läuterkammer. Abb. 6 zeigt die Anordnung der Elektroden und den Querschnitt des Ofens.

Abb. 6 Glasschmelzofen, Bauart Cornelius.

Von 18⁰⁰ bis 6⁰⁰ wird die Schmelzleistung auf 150% der Durchschnittsleistung erhöht, von 6⁰⁰ bis 12⁰⁰ und von 16⁰⁰ bis 18⁰⁰ wird die Schmelzleistung auf 75% verringert und von 12⁰⁰ bis 16⁰⁰ ganz ausgeschaltet.

Während der 24 Std. wird aber der Badspiegel am Arbeitsende auf gleicher Höhe gehalten. Durch diese Anpassung ist es möglich, einen Strompreis von 1 Rpf/kWh zu erhalten. Da viele Elektrizitätsversorgungsunternehmen Wasserkraftwerke besitzen mit saisonmäßiger Stromdarbietung, so kann während dieser Zeit ein Strompreis von 0,75 Rpf/kWh erreicht werden. Der Einfluß der Betriebsweise auf die Betriebskosten wird an Hand eines Diagrammes für drei Fälle besprochen und zwar für durchgehenden Betrieb mit 12 Monaten, für Saisonbetrieb mit 10 Monaten und für gemischten Betrieb: 2 Öfen 12 Monate und 1 Ofen 10 Monate. *Kps.*

DK 621.365.453

Einfluß des Kochgeschirrs auf die Wärmeübertragung von Kochplatten. [Nach W. G. Short, Electr. Engng. 57 (1938) S. 449; 3½ S., 7 Abb.]

Es werden Kochversuche beschrieben, die mit sechs verschiedenen Kochgeschirren auf vier Kochplatten verschiedener Bauart angestellt worden sind. Die Kochplatten hatten jeweils 1200 W Heizleistung und wiesen folgende Bauarten auf:

Kochplatte a Glühkochplatte mit offen liegendem Rohrheizkörper
" b Ring-Kochplatte
" c Glühkochplatte mit eingebettetem Rohrheizkörper
" d offene Glühkochplatte.

Es wurden Untersuchungen über die Anheizzeit und den Wirkungsgrad angestellt, wobei Zahlentafel 1 einen guten Überblick über die Meßergebnisse bringt.

Zahlentafel 1.

Art des Kochgeschirrs	Ankochzeit in Minuten auf Kochplatte			
	a	b	c	d
Aluminiumtopf mit schwarz gefärbtem Boden	9,2	11,4	12,5	13,1
Emailletopf mit schwarzem Boden . .	9,6	13,0	12,9	13,4
Aluminiumtopf mit glänzendem Boden	9,8	11,9	14,6	15,9
farbloser Stahltopf	10,0	11,4	13,8	15,2
weißer Emailletopf	10,8	13,9	14,2	14,1
Glastopf	11,8	16,1	16,0	15,2

Die Töpfe hatten jeweils eine Füllung von 1,25 l. Man erkennt deutlich, daß der Aluminiumtopf mit schwarz gefärbtem Boden bei allen Kochplatten-Bauarten die besten, während der Glastopf die ungünstigsten Ergebnisse bringt. Je nach der verwendeten Kochplattenbauart verhalten sich die anderen Geschirrsorten verschieden. Die Meßergebnisse decken sich in großen Zügen mit den in Deutschland angestellten Untersuchungen. *Mö.*

Verkehrstechnik.

DK 625.62

Der Massenverkehr am Reichsparteitag 1938. [Nach P. Bayer, Verkehrstechnik 19 (1938) S. 577; 6 S., 7 Abb.].

Wie groß die Beanspruchung der Nahverkehrsmittel bei den Reichsparteitagen ist, geht allein schon aus den Beförderungszahlen der Nürnberg—Fürther Straßenbahn hervor, die an einem einzigen Tage 1 Mill. und in den 9 Tagen vom 5. bis 13. 9. 1938 zusammen 6 281 000 Personen beförderte. Dabei war der Hauptverkehr an den einzelnen Tagen immer auf den Schluß der Veranstaltungen zusammengedrängt. Im letzten Jahr mußten die Strecken an der Kongreßhalle unterirdisch gelegt werden, um die Aufmarschwege frei zu halten und Raum für ein neues Gebäude der SS zu schaffen. Der ganze Straßenbahnhof Kongreßhalle mit 7 Bahnsteigen und 2 Umkehrschleifen wurde unterirdisch gebaut. Zwei zum Stadion durchgehende Geleise verlaufen ebenfalls teilweise unterirdisch, sonst auf eigenem Bahnkörper. Nach dem Gesamtausbau der Anlagen am Bahnhof Kongreßhalle werden diese Neuanlagen 903 m Tunnelstrecke, 519 m Rampen und 221 m im Bahnhof selbst enthalten. Die Erfahrungen in Nürnberg haben gezeigt, daß bei solchem Massenverkehr den Schienenfahrzeugen der Vorzug gegeben werden muß. Große Teile von Nürnberg werden während dieser Zeit als Sperrgebiet für Einzelfahrzeuge erklärt, kein derartiges Fahrzeug darf in das Sperrgebiet einfahren oder dort parken. Bei diesem Massenverkehr hat sich das Schienenfahrzeug als unentbehrlich und allein wirtschaftlich gezeigt. Die unterirdische Führung bringt große Vorteile, weil die Unfallmöglichkeiten sich verringern und die Straße für den übrigen Verkehr entlastet ist. Die hohen Kosten der unterirdischen Linienführung sind allerdings von den Straßenbahnunternehmen oder Städten allein kaum zu tragen. Es wird vom Verfasser darauf hingewiesen, daß solche teilweise Verlegung der Straßenbahn unter das Pflaster ebenso wie der Bau der Reichsautobahnen der Motorisierung zugute kommt, daß aber den Straßenbahnen, die jahrzehntelang den Massenverkehr einwandfrei bewältigten, nicht die Schuld gegeben werden darf, wenn sich jetzt in den engen Straßen der Städte Verkehrsschwierigkeiten einstellen. Die Erfahrungen in Nürnberg haben ferner gezeigt, daß bei städtebaulicher Neuplanung auch die zukünftigen Verkehrsanforderungen weitgehend berücksichtigt werden müssen. Die Nürnberg—Fürther Straßenbahn hat ein eigenes Planungsbüro eingerichtet, das zur Zusammenarbeit zwischen Hochbauer, Tiefbauer und Verkehrstechniker schon für die Zukunft auf die städtebauliche Gesamtplanung abgestimmte Verkehrsvorschläge ausgearbeitet hat. Den Stadtverwaltungen fällt die Aufgabe zu, Geldmittel für die Verbesserung des Wagenparks und der Betriebseinrichtungen zur Verfügung zu stellen, damit die Straßenbahnen ihre Aufgaben als Massenverkehrsmittel auch in Zukunft erfüllen können. *Dtt.*

DK 534.83 : 625.23

Geräuschbekämpfung bei Schienenfahrzeugen. [Nach M. Bancelin u. M. Renault, Rev. gén. Chem.-de-Fer 57 (1938) S. 223; 21 S., 21 Abb.]

Durch die hohen Fahrgeschwindigkeiten und die Verwendung von Ganzmetall-Wagenkästen findet eine Steigerung der Geräuschstärke im Wageninnern statt. Die Lautstärke eines gewöhnlichen Gespräches beträgt etwa 60 Phon, eine Geräuschstärke von 65 Phon ist daher im Wagen ohne starke Beeinflussung der Bequemlichkeit der Reisenden. Zur Bestimmung der Schallstärke in Dezibel dienen objektive Meßgeräte, während die Lautstärke in Phon, bei der die Empfindlichkeit des Ohres mitspricht, in subjektiven Meßgeräten mit der Stärke eines 1000 Hz-Tones an der Hörschwelle verglichen wird[1]). Die äußeren Hauptlärmquellen eines Schienenfahrzeuges sind die Stöße der Radreifen, ihr seitliches Gleiten an den Schienenköpfen, Reibungen in der Federung, Schlagen des Bremsgestänges, Geräusche der Motoren, Lichtgeneratoren, Lüfter und Verdichter. Bei hohen Geschwindigkeiten kommen noch die Geräusche durch die Luftströmungen am Wagenäußeren hinzu. Im Inneren entsteht Lärm durch Schwingungen der Wageneinrichtungen, Fenster, Beleuchtungskörper und Reklameschilder. Von außen gelangen die Geräusche ins Wageninnere entweder als Luftschwingungen durch Wände und Fenster hindurch oder sie werden durch die Bauteile des Wagens selbst übertragen. Von den Verfassern wurden in einem besonderen Schallaboratorium Wände aus Stahl und Aluminium, und zwar als einfache Platten, als Doppelwände mit 50 bis 80 mm Luftzwischenraum, als Platten mit Isolierbelag und als Doppelwände mit Isolierzwischenschicht sowie einfache und doppelte Fenster auf ihre Schalldämpfung untersucht. Hierbei zeigte sich der starke Einfluß der Eigenschwingungszahlen derartiger Platten, die bei niedrigen Frequenzen liegen. Eine gute Dämpfung für niedrigere Frequenzen könnte nur durch starke Gewichtserhöhung erzielt werden. Die beste Dämpfung ergaben Doppelwände und Doppelfenster, wenn sie aus dünnen Einzelplatten mit Isolierbelag aufgebaut sind. Isolierzwischenschichten, die den ganzen Zwischenraum ausfüllen, bringen keinen Gewinn. Zur Verhinderung der Übertragung durch Luftschwingungen ist natürlich auch hermetischer Abschluß des Wageninneren erforderlich, was jedoch Klimaanlagen voraussetzt. Auch einfache Wände und Decken mit Isolierbelag dämpfen gut die von außen eindringenden Geräusche. Zur Verminderung der direkten Übertragung dienen gummigefederte Räder, Gummizwischenlagen an den Federaufhängungen und der Zapfenlagerung zwischen Drehgestell und Wagenkörper. Auch der Aufbau des Fußbodens und die bereits erwähnten Wandplatten mit Isolierbelag vermindern die Geräuschübertragung. Die französischen Staatsbahnen rüsteten einen besonderen Geräusch-Untersuchungswagen aus, an dem verschiedene Bodenbeläge, Gummidämpfer an der Federung, Befestigungen der Bremsausrüstung, Wandbekleidungen usw. ausprobiert wurden. Auch andere französische Bahngesellschaften machen derartige Versuche an verschiedenen Wagen und elektrischen Triebwagen. Es wurden beachtliche Erfolge erzielt, bei dem Versuchswagen der Staatsbahnen konnte der Geräuschpegel um 20 Phon gegenüber den normalen Wagen gesenkt werden. So konnten die Lautstärken der Geräusche auf Werte von 58 bis 75 Phon gesenkt werden. *Dtt.*

[1]) Vgl. ETZ 55 (1934) S. 931.

DK 621.335.2

Entwicklungsrichtung elektrischer Lokomotiven. [Nach C. E. Fairburn, J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938) S. 581; 35 S., 14 Abb.]

Der Aufsatz umfaßt die Erfahrungen von 10 Eisenbahnen in 8 Ländern und von 12 Firmen in 5 Ländern.

Mechanischer Teil: Bis rd. 100 km/h werden 4- und 6achsige Lokomotiven mit Tatzlagermotoren bevorzugt. Der Verfasser vertritt die Meinung, daß Tatzlagermotoren sich bis 175 oder sogar 200 km/h noch bewähren können. Er schließt dies aus den Laufeigenschaften einer dieselelektrischen Lokomotive, die 4 Drehgestelle hat, von denen jedes zwei 220 kW-Motoren enthält. Für größere Lokomotiven hat sich der Gestellmotor durchgesetzt, „weil die Vorteile des Gestellmotors gegenüber dem Tatzlagermotor überschätzt werden". Es werden folgende Antriebsarten verglichen: Buchli, Westinghouse oder Kleinow, Séchéron, Winterthur, Vertikalmotoren, Bianchi, Oerlikon. Von den Gelenkstangenantrieben hat der Buchliantrieb, von den Federantrieben der Kleinowantrieb die meiste Verbreitung gefunden. Nach kurzem Eingehen auf die Zahnradübersetzungen werden die Laufachsen behandelt. Langsamlaufende Lokomotiven (bis 100 km/h) werden ohne Laufachsen mit 4 oder 6 Treibachsen ausgeführt (Bo'Bo', Co'Co', Bo'Bo Bo'). Für schnellfahrende Lokomotiven hat sich die symmetrische Bauform durchgesetzt, soweit die Laufeigenschaften die Achsanordnung bestimmen. Ob man eine Laufachse oder zwei Laufachsen in einem Drehgestell wählt, hängt im allgemeinen von dem unterzubringenden Gesamtgewicht der Lokomotive ab. Es war bei den bisherigen Geschwindigkeiten nicht nötig, zwecks Verbesserung der Laufeigenschaften von der Bisselachse oder von dem Krauß-Helmholtz- oder Kleinow-Drehgestell zum normalen „amerikanischen" Drehgestell überzugehen. Durch Lastausgleichhebel wird in Amerika meist eine „Dreipunktaufhängung" des Lokomotivrahmens hergestellt, während in Europa „Vier- oder Mehrpunktaufhängung" üblich sind. Die mechanischen Bremsen arbeiten bei Lokomotiven für geringe Geschwindigkeiten mit Klotzdrücken von 75 und 100% und gehen bei schnellfahrenden Lokomotiven auf 300% des Raddruckes. In Europa werden meist Räder mit besonders aufgezogenen Radreifen verwendet, während in Nordamerika Schwierigkeiten mit losen Radreifen dazu geführt haben, Radstern und Radreifen aus einem Stück zu machen. Rollenlager haben sich sehr weit bei den Fahrmotoren durchgesetzt, jedoch wenig bei den Achslagern. In Amerika werden die Fahrzeugrahmen vorwiegend aus Gußstahl hergestellt, in Europa aus Platten genietet oder verschweißt. Der Führerstand liegt in Amerika vielfach in der Mitte der Lokomotive, um dem Führer bei Zusammenstößen mehr Schutz zu gewähren, als dies bei vorne liegendem Führerstand der Fall ist. Ausgesprochene Stromlinienform hat sich bei elektrischen Lokomotiven bisher noch nicht durchgesetzt. Versuche an Lokomotiven der Pennsylvania werden beschrieben.

Elektrische Ausrüstung: Als Vorteil des Tatzlagermotors wird angeführt, daß er das Lokomotivinnere voll-

kommen frei läßt, so daß sich die Apparate leichter unterbringen lassen. Die Bemessung der Fahrmotoren hat so zu erfolgen, daß zwischen zwei Überholungen keine Nacharbeit am Kommutator erforderlich wird. Die Anker von Gleichstrommotoren größerer Leistung (150 kW bei 750 V, 300 kW bei 1500 V) erhalten möglichst Schleifenwicklung, kleinere erhalten Reihenwicklung[1]). Die Steuerung von Gleichstromlokomotiven wird vorwiegend mit elektropneumatischen Schützen ausgerüstet. Auf jeder Motorgruppierung (Reihe, Reihe-Parallel, Parallel) hat man im Durchschnitt 12 Stufen vorgesehen, auf Reihe zum sanften Anfahren u. U. einige Zusatzstufen. Die Durchschnittszahl der wirtschaftlichen Fahrstufen (auf der Kennlinie oder mit Feldschwächung) beträgt 6 bis 9, der Höchstwert 17. Die Schaltzeit der Hauptschalter auf den Lokomotiven ist größer als die des zugehörigen Schnellschalters im Unterwerk. Wechselstromlokomotiven haben Anzapftransformatoren, mit denen die Motorklemmenspannung geregelt wird. Von der Schlittensteuerung ist man abgekommen und benutzt heute vielfach nockengesteuerte Schütze. In Reihe geschaltete Doppelmotoren lassen höhere Spannungen und niedrigere Ströme auf der Ausgangsseite des Transformators zu und ergeben leichtere Schaltwerke. Die „Hochspannungssteuerung" — ein Dreiwicklungstransformator als Vereinigung eines Spar- und eines Regeltransformators — hat sich noch nicht allgemein durchgesetzt. Als Lokomotivhauptschalter verwendet man ölarme, Druckgas- oder Expansionsschalter. In Europa bevorzugt man den Öltransformator, in Amerika den Lufttransformator. Weiterhin werden Einzelheiten behandelt über Kompressoren, Lüfter, Konstant-Gleichspannungsgeneratoren, desgl. solche für veränderliche Spannung und Stromabnehmer. Die Vor- und Nachteile elektrischer Bremsung werden gegeneinander abgewogen. Die Verwendung von Bahnstrom aus dem Netz der allgemeinen Landesversorgung (Ungarn und Deutschland, Höllentalbahn) wird als technisch vertretbar und das 50 Hz-System als ein „ernster Rivale der älteren Systeme" bezeichnet. Die wichtigsten Daten von insgesamt 93 Gleich- und Wechselstromlokomotiven sind in ausführlichen Tafeln zusammengestellt.

In der Aussprache vertritt G. H. Fletcher ebenfalls die Auffassung, daß der Tatzlagermotor für Geschwindigkeiten über 175 km/h brauchbar sei. Bei den Fahrmotoren hält er Erwärmungen von 130 bis 150° C für unbedenklich. E. A. Schroeder betont, daß die elektrische Ausrüstung so bemessen sein muß, daß sie ein Minimum an Erhaltungskosten beansprucht. Er erwähnt einen neuen Antrieb, bei dem statt Federtöpfen oder Gelenkstangen ein Kardan, aus zwei Hohlwellen bestehend, verwendet wird. Als Kardangelenk dient eine biegsame Blechscheibe. Von dem 50 Hz-System auf der Höllentalbahn glaubt Schroeder nicht, daß es allgemein zur Anwendung kommt, da er den Anschluß an die Landesversorgung über ortsfeste Gleichrichter, die 3000 V-Bahnen speisen, für zweckmäßiger hält. Schnellfahrende Lokomotiven sollen mit niedrigeren Achsdrücken gefahren werden. So haben die Schweizer Bundesbahnen eine Bo'Bo' für 130 km/h mit 13,5 t Achsdruck bestellt. Für Schnellverkehr sollten besonders leichte Lokomotiven und Triebwagen entwickelt werden. J. E. Calverley hält Tatzlagermotoren bei schweren Lokomotiven für hohe Fahrgeschwindigkeiten nicht für unbedingt geeignet. J. W. Rissik weist darauf hin, daß nach seiner Auffassung der Kleinow-Antrieb vorher bei der Pennsylvania verwendet wurde. Auch H. H. Swift vertritt die Meinung, daß Tatzlagerantrieb für höhere Geschwindigkeiten geeignet ist.

E. H. Croft unterstreicht die Bedeutung eines guten Bogenlaufs und behandelt die wichtigsten Punkte. F. T. Barwell erwähnt, daß in Amerika bei Anwendung des Tatzlagermotors der Achsdruck niemals 80% des sonst zulässigen Achsdrucks überschreitet. Nach den wenigen schnellfahrenden Tatzlagerlokomotiven kann man die Frage nach der zulässigen Grenzgeschwindigkeit noch nicht klären. F. Lydall vertritt die Auffassung, daß schnellfahrende Lokomotiven nicht unbedingt an beiden Enden zweiachsige Drehgestelle besitzen müssen, wie durch die E 18 der Deutschen Reichsbahn bewiesen wird. *Ko.*

[1]) Vgl. Kother, Elektr. Bahnen 14 (1938) S. 190, 207.

Fernmeldetechnik.

DK 621.395.615 : 534-8

Modulation von Lichtsprechgeräten mit Ultraschallwellen. [Nach J. H. Jefferson, Television 11 (1938) S. 537 u. 595; 7 S., 22 Abb.]

Die Sichtbarmachung akustischer Vorgänge durch Umwandlung der Tonfrequenzen in augenblickliche Dichteschwankungen einer durchleuchteten Flüssigkeit auf dem Wege der Modulation ultraakustischer Schwingungen sucht J. H. Jefferson durch die Beschreibung einiger elementarer Schauversuche verständlich zu machen. Bei einem dieser Versuche, bei denen als piezoelektrischer Schwingungserzeuger durchweg ein Schwingquarz mit einer Eigenfrequenz von $10 \cdot 10^6$ Hz und als Flüssigkeit Paraffinöl in einer beiderseits mit einer Zylinderlinse besetzten Küvette verwendet wird, wird durch einen Schlitz aus den hinter der Ultraschallzelle bei Durchleuchtung parallel zur Wellenfront der Druckwelle nachweisbaren Beugungsbildern eines leuchtenden Spaltes das zentrale Bild ausgeblendet; dieser Schlitz wird durch eine Optik auf einen Spiegelstreifen, der auf der Achse eines Grammophonmotors sitzt, und über diesen auf einen Schirm abgebildet. Bei Modulation der Ultraschallwellen mit Sprache wird auf diesem Schirm ein Lichtstreifen mit schwankender Helligkeitsverteilung sichtbar; die Helligkeit des zentralen Bildes schwankt im Rhythmus der Sprachmodulation. Praktisch läßt sich diese Tatsache beim Bau von Lichtsprechgeräten auswerten. Den

Abb. 7. Durch Ultraschallwellen modulierte Lichtsprechanlage.

grundsätzlichen Aufbau eines solchen Gerätes zeigt Abb. 7. Die senderseitige Anordnung ist nach dem vorigen verständlich; lediglich der Drehspiegel ist durch eine Sammellinse ersetzt, die das Spaltbild auf das Empfangsorgan, eine Photozelle, abbildet. Die Photoschicht der Empfangszelle ist in der angegebenen Weise mit dem Steuergitter der ersten Verstärkerröhre verbunden, wobei die Empfindlichkeit der ganzen Anordnung um so größer ist, je größer der Belastungswiderstand w_1 ist. Eine Vereinfachung der Schaltung durch gleichzeitige Verwertung dieses Widerstandes als Gitterableitwiderstand der ersten Verstärkerröhre ist bei schwacher Belichtung möglich; bei stärker werdender Belichtung wird die Vorspannung der Röhre in positiver Richtung größer, ihr Eingangswiderstand und damit auch der wirksame Belastungswiderstand also kleiner; die ganze Anordnung wird unempfindlicher. Die Reichweite der gezeichneten einfachen Anordnung ist auf einige Meter beschränkt; sie läßt sich zunächst durch Erhöhung des Verstärkungsgrades des Empfängers auf das 1000fache bei gleicher Empfangsgüte auf das rd. 30fache ($\sqrt{1000}$fache!) vergrößern. Durch Vorsatz einer großen Sammellinse vor die Photozelle konnte die Reichweite nochmals vergrößert werden und zwar um einen Faktor annähernd gleich dem Verhältnis des Linsendurchmessers zur Photozelleneintrittsöffnung; es ergab sich so bei Verwendung einer Sammellinse von etwa 8 cm Halbmesser eine Reichweitensteigerung auf das fünffache. Schließlich wurde statt der bisher als Lichtquelle benutzten Fadenlampe ein Lichtbogen mit einer etwa 0,5 mm breiten Schlitzblende vor dem positiven Krater genommen. Dadurch läßt sich die Reichweite erneut, und zwar um das sechsfache vergrößern, so daß mit den endgültigen Lichtsprechgeräten der beschriebenen Wirkungsweise Reichweiten von einigen Kilometern erreichbar waren. *E. C. M.*

DK 621.394.3(73/79)

Drucktelegraphenbetrieb auf Gesellschaftsleitungen. [Nach G. S. Vernam, Electr. Engng. 57 (1938) S. 365; 8 S., 7 Abb.]

In den V. S. Amerika wird der kommerzielle Telegrammverkehr zwischen den Großstädten über ein Netz von Fernleitungen abgewickelt, die gewöhnlich mit Mehrfachtelegraphen betrieben werden. Von den Endpunkten der Fernleitungen verlaufen sternförmig Verbindungen zu den kleineren Orten. Während einige dieser Sternleitungen mit Fernschreibmaschinen arbeiten und voll ausgelastet sind, ist dies bei anderen nicht der Fall. Um auch hier den Dienst wirtschaftlich zu gestalten, werden derartige Leitungen als Gesellschaftsleitungen ausgebildet, die auch vermietet werden. Bisher herrschte bei den Gesellschaftsanschlüssen die Verwendung von Morseapparaten vor, die mit kleiner Telegraphiergeschwindigkeit arbeiten, einfach im Aufbau sind und daher nur eine geringe Wartung erfordern.

Infolge der ständig wachsenden Verwendung der Fernschreibmaschine, deren besonderer Vorzug bekanntlich die einfache Bedienungsweise ist, wird der Mangel an verfügbaren Morsebeamten immer größer; es ist daher wünschenswert, in vielen Fällen den Morsebetrieb durch den Fernschreibbetrieb zu ersetzen. Ein anderer Grund für die Einführung des Fernschreibbetriebes auf Gesellschaftsleitungen ist die Möglichkeit des Anschlusses von Teilnehmern an ein Telegraphenamt in allen den Fällen, in denen die Bereitstellung einer besonderen Anschlußleitung nicht lohnend ist. Die Gesellschaftsleitungen sind für gewöhnlich Freileitungen, die in besonderem Maße den Witterungseinflüssen und elektrischen Fremdbeeinflussungen ausgesetzt sind. Es werden daher für einen befriedigenden Fernschreibbetrieb strenge Forderungen hinsichtlich der Zeichenverzerrung, vor allem der einseitigen Verzerrung gestellt. Das gleiche gilt hinsichtlich der ganzen Anlage. Je nach Lage der Dinge können Doppelstrom- oder Einfachstromschaltungen verwendet werden. Der Verfasser beschreibt zunächst ausführlich eine Doppelstromschaltung für Richtungsbetrieb, bei der die Zeichenübertragung mittels Doppelstrom, der Anruf durch Stromverstärkung erfolgt. Der Anruf geschieht in der Hauptstelle mittels Anruflampe und Summer, in der Teilnehmerstelle mit Hilfe eines Einschlagweckers. Die Doppelstromschaltung wird bei ungünstigen Leitungsbedingungen und großen Entfernungen angewendet. Für günstigere Übertragungsverhältnisse ist eine Einfachstromschaltung — gleichfalls für Richtungsbetrieb — entwickelt worden. Hierbei erfolgt der Anruf mit umgekehrtem Strom oder Doppelstrom. Am Vermittlungsplatz der Hauptstelle kann die Gesellschaftsleitung auf eine freie Fernschreibmaschine oder über eine Duplex- bzw. Wechselstromtelegraphierverbindung nach einer anderen Stadt durchgeschaltet werden. Am Vermittlungsplatz können auch Konferenzverbindungen hergestellt werden. Die von einer Teilnehmerstelle ausgesandten Zeichen können auf allen anderen Stellen mitgeschrieben werden. Unterbrechung einer bestehenden Verbindung ist möglich. Bei sehr großer Länge der Leitungen können eigens für diesen Zweck gebaute Relaisübertragungen als Entzerrer eingeschaltet werden, die u. a. mit neuentwickelten neutralen Schnellrelais ausgerüstet sind. Diese Relais haben unterteilte Eisenkerne, Anker-Schneidenlagerung, Kontaktfedern aus Berylliumbronze und Kontakte aus Molybdän. Aus der Beschreibung der Relaisübertragung sei erwähnt, daß die Einregelung der Übertragerrelais mittels Wechseln erfolgt, die von der Hauptstelle bzw. vom letzten Anschluß gegeben werden. Dazu dient ein Bürsten-Schleifring-Unterbrecher, der vom Motor der Fernschreibmaschine angetrieben wird. Bei Nichtbenutzung des Unterbrechers werden die Bürsten von den Schleifringen abgehoben und gleichzeitig mittels eines Quecksilberschalters kurzgeschlossen. Die Wechsel werden mit einer Telegraphiergeschwindigkeit von 50 bis 100 Baud gesandt. Zur etwaigen Geheimhaltung der Nachrichtenübertragung zwischen der Hauptstelle und den übrigen Teilnehmerstellen ist eine Zweidrahtschaltung mit Geheimhaltungszusatz (Synchronwähler) entwickelt worden, die jedoch nur einseitig — von der Hauptstelle zu den Teilnehmern hin — wirksam ist. Für einen Nachrichtenaustausch in umgekehrter Richtung ist zunächst ein Anruf der Hauptstelle notwendig, die dann auf Grund der Meldung die betreffende Teilnehmerstelle anwählt. Die Meldung erfolgt akustisch und optisch, indem auf den Teilnehmerstellen jeweils eine bestimmte Stromschrittfolge mittels eines Anrufgerätes ausgesandt wird. *Schk.*

DK 621.395.001.42

Untersuchungen über Größe der Gesprächspausen bei Ferngesprächen. [Nach O. J. Murphy, Bell Labor. Rec. 17 (1938) S. 85; 4. S., 5 Abb.]

Mit Rücksicht auf die Bedeutung, die dieses Fragengebiet für den Bau von sprachgesteuerten Sperren (Echosperren usw.) hat, untersucht der Verfasser mit Hilfe eines Sechsschleifenoszillographen an einer Fernleitung den zeitlichen Ablauf von Gesprächen. Diese Untersuchung wurde an einer Querverbindung ausgeführt, die zur Abwicklung des Geschäftsverkehrs der Bell-Gesellschaft zwischen Chikago und New York diente.

Der Verfasser teilt den zeitlichen Ablauf eines Gesprächs in drei Abschnitte:

1. Zeitdauer, während der ein Gesprächspartner spricht (talkspurt),
2. Pausen innerhalb des Gesprächs eines Partners, d. h., nach der Pause spricht derselbe Partner weiter (resumption time),
3. Pause, die zwischen dem Gesprächsende des einen Partners und Gesprächsbeginn des anderen liegt (response time).

In der untersuchten Fernleitung sind unter anderem Verstärker, Netzwerke zur Erzeugung künstlicher Laufzeiten von 0,15 und 0,1 s sowie 2 Echosperren eingeschaltet, an denen mit Hilfe der Oszillographenschleifen der zeitliche Ablauf der Sprechspannungen in beiden Gesprächsrichtungen, der Sperrspannungen der beiden Echosperren und die gegenseitige Verriegelung der Sperren aufgezeichnet werden kann. Der Beginn eines Gesprächs löst jedesmal den Filmablauf des Oszillographen aus. Durch schnellen Ablauf des Filmstreifens (6,1 m/min) konnten die erwähnten 3 Zeitabschnitte der Gespräche mit einer Genauigkeit von 0,01 s gemessen werden. 51 Gespräche mit insgesamt 13 000 s Gesprächsdauer wurden so untersucht.

Die verschiedenen Sonderfälle, wie z. B. Zusammenfallen einer Atempause in einem Gespräch des einen Partners mit dem Sprechbeginn des anderen und die dadurch hervorgerufene gegenseitige Verriegelung der Sperren werden an Hand der Oszillogramme besprochen. Aus der Untersuchung ergibt sich als Eigenheit der amerikanischen Ferngespräche, daß die einsilbigen Antworten am häufigsten sind, und zwar ist die am meisten vorkommende zusammenhängende Redelänge rd. 0,25 s, die mittlere Redelänge beträgt 4 s. Die am häufigsten vorkommenden Pausen während der Gesprächsteile derselben Sprechenden sind 0,35 s lang, die mittlere Länge dieser Pausen ist rd. 0,7 s. Die Pausen, die zwischen dem Ende der Ausführung des einen Partners und Gesprächsbeginn des anderen liegt, sind meistens 0,25 s lang; die durchschnittliche Länge dieser Pausen liegt bei 0,4 s. 7% dieser Pausen sind negativ, d. h., ein Gesprächspartner beginnt mit der Antwort, ehe der andere seine Ausführungen beendet hat. Diese Ergebnisse sind kurvenmäßig festgelegt.

Ein Drittel der Gesamtgespräche besteht aus kurzen, meist einsilbigen Fragen oder Antworten von nur 1 s Länge, nur sehr wenige (insgesamt 27) zusammenhängende Gesprächsteile waren über 30 s lang. *Lz.*

DK 621.315.687.1 : 621.39

Das Trocknen von Kabelspleißstellen durch chemische Trockenmittel. [Nach C. D. Hocker, Bell. Labor. Rec. 17 (1938) S. 74; 6 S., 3 Abb.]

Seit vielen Jahren werden Kabelspleiße abgebrüht, indem man die Papierisolation mit heißem Paraffin tränkt. Dieses Verfahren ist zwar wirksam, doch hat es den Nachteil, daß durch die Feuergefährlichkeit Verletzungen der Arbeiter durch Verbrennungen herbeigeführt werden können. Wenn die Arbeiten in Gebäuden ausgeführt werden, stört außerdem der unangenehm riechende Rauch.

Seit einiger Zeit werden versuchsweise die Bleikabel durch ein körniges chemisches Mittel getrocknet, das an den Spleißstellen zwischen die Kupferleiter geschüttet wird, nachdem die Spleißarbeit beendet ist. Das Adernbündel und das Trockenmittel werden dann mit Nesselband gemeinsam eingebunden und zum Schluß in der üblichen Weise mit Kabelmuffen verschlossen. Hierdurch fällt das Abbrühen der Kabelenden mit seinen üblen Begleiterscheinungen weg. Als Trockenmittel kommen nur solche Chemikalien in Frage, die unlöslich sind, nicht basisch oder sauer reagieren und somit keine zerstörende Wirkung auf die Papierisolation ausüben. Von den verschiedenen untersuchten Chemikalien (Gips, Kieselerde usw.) hat sich wasserfreies Calciumsulfat wegen seines geringen Preises und der großen wasserbindenden Wirkung am besten bewährt, es kann ohne weiteres mehr als 6% seines Gewichts an Wasser binden. Da dieses Trockenmittel auch sehr weich ist und das Papier mechanisch nicht zerstört, kann es in Leinensäckchen, die um die Spleißstellen gebunden werden, zwischen die Kabeladern geschüttet und mit den Adern zusammen eingebunden werden. Zudem wird das Trockenmittel noch lose in die Kabelmuffe hineingegeben. Die Feuchtigkeit wird den Kabeln im Laufe mehrerer Tage vollkommen entzogen; so hatten die Adern eines 100paarigen Kabels mit einer nach vorstehendem Verfahren in einem feuchten Kabelschacht hergestellten Spleißstelle unmittelbar nach dem Zulöten der Muffe einen Isolationswiderstand von 6 bis 250 MΩ; nach 21 Tagen hatten alle Adern einen Isolationswiderstand von mehr als 1000 MΩ, gemessen zwischen irgendeiner Ader und allen übrigen einschließlich des Bleimantels.

Die verschiedenen Ursachen für das mehr oder weniger schnelle Trocknen der chemischen Trockenmittel werden beschrieben und die Erfahrungen im praktischen Betrieb mit Calciumsulfat unter den verschiedensten Verhältnissen dargelegt, wobei die Vorteile gegenüber dem bisherigen Trockenverfahren herausgestellt werden. Nach vorstehendem Verfahren getrocknete Spleißstellen haben sich auch bei Störungen und beim Eindringen von Feuchtigkeit oder Wasser bewährt.

Das Trockenmittel wird nicht hart, auch konnte das gestörte Kabel nach Beseitigung der Störung wieder schnell durch Hineinschütten von frischen Trockenmitteln auf den hohen Isolationswert gebracht werden. Bei einer Fernsprechgesellschaft wird dieses Trockenverfahren seit einiger Zeit mit gutem Erfolg bei Arbeiten in Gebäuden und an Spleißstellen von Erd- und Luftkabeln angewandt. *Lz.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 537.3.001.2

Der elektrische Stromkreis vom energetischen Standpunkt. [Nach L. Kneissler-Maixdorf, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 553; 11 S., 4 Abb.]

Die Grundlage der Untersuchung bilden die Maxwellschen Gleichungen und der Poyntingsche Vektor des elektromagnetischen Energieflusses. Zunächst wird die Leistungsbilanz für ein stromführendes Volumelement aufgestellt und sodann auf das gesamte stromführende Leitervolumen ausgedehnt. Auf diesem Wege ergeben sich eindeutige und anschauliche Aussagen über die Energiebewegung. Von den Ergebnissen seien folgende hervorgehoben. Jedes Volumelement bedeutet eine Stelle, an der die verschiedenen Energieteilflüsse münden oder entspringen, wobei, dem Energieprinzip gemäß, die vektorielle Summe dieser Teilflüsse in jedem Zeitpunkt gleich Null sein muß. Folgende Energieteilflüsse lassen sich unterscheiden: 1. der durch das magnetische Feld in Verbindung mit dem elektrischen Potentialfeld bedingte, 2. der durch das magnetische Feld in Verbindung mit dem elektrischen Wirbelfeld bedingte, 3. der Abfluß der Stromwärme, 4. die Energiebewegung auf mechanischer Grundlage. Die schließlich durch Integration gewonnene Leistungsbilanzgleichung für das gesamte Leitervolumen lautet $UI + uI + eI - rI^2 = 0$. (U Klemmenspannung, u induktive Spannung, e durch Bewegung des Leiters in einem magnetischen Induktionsfelde erzeugte Spannung, I Stromstärke, r ohmscher Widerstand).

Alle Größen dieser Gleichung sind skalare Werte und — bis auf r — für eine vorgegebene Leiterrichtung positiv zu nehmen. Aus dieser auf den genannten Grundlagen beruhenden Gleichung lassen sich die bekannten Grundgleichungen für den elektrischen Stromkreis entwickeln und die zugehörigen Energiebewegungen deuten, ferner ergeben sich Aussagen für die Wechselstromdiagramme. Auf der Primärseite eines Transformators ist der Winkel zwischen dem Vektor der Klemmenspannung und der Stromstärke ein spitzer, auf der Sekundärseite ein stumpfer; umgekehrt ist der Winkel zwischen der elektrischen Wirbelfeldspannung und der Stromstärke auf der Primärseite ein stumpfer, auf der Sekundärseite ein spitzer. Bei spitzem Winkel zwischen der durch Leiterbewegung erzeugten Spannung und der Stromstärke wird mechanische Energie in elektromagnetische verwandelt, bei stumpfem umgekehrt. Weiter wird auf einige besondere Folgerungen eingegangen. Da diese Ergebnisse aus der Maxwellschen Theorie folgen, müssen sie offenbar als objektive Aussagen betrachtet werden. *vb.*

DK 537.311.31.091

Untersuchungen über die Widerstandsänderung von Drähten durch Zug. [Nach E. Czerlinsky, Jb. dtsch. Luftfahrtforschung 2 (1938) S. 377; 4 S., 4 Abb.]

Zur Messung und Aufzeichnung schnell wechselnder Zug- oder Druckkräfte auf elektrischem Wege werden verschiedene Verfahren angewandt, die, abgesehen von den Piezoquarzdruckmeßgeräten, auf der Veränderung eines elektrischen Widerstandes unter dem Einfluß der zu messenden Kräfte beruhen. So zeigt ein Draht, der innerhalb des Gültigkeitsbereiches des Hookeschen Gesetzes belastet wird, eine dieser Last proportionale Widerstandsänderung, die in bekannter Weise trägheitslos aufgezeichnet werden kann. Der zu verwendende Draht muß nun, um die technische Verwendung des Verfahrens sicherzustellen, im wesentlichen folgenden Anforderungen genügen: 1. die Widerstandsänderung unter dem Einfluß von Temperaturschwankungen soll möglichst klein bleiben gegen die Widerstandsänderung bei Belastung, 2. seine Eigenschaften sollen nicht von der Bezugsquelle abhängig sein und 3. soll er sich in der Werkstatt einwandfrei verarbeiten lassen. Um die für ein praktisch verwendbares Meßverfahren geeigneten Werkstoffe zu ermitteln werden die Widerstands- und Längenänderungen in Abhängigkeit von der Zugbelastung an ungefähr dreißig verschiedenen im Handel erhältlichen Drahtsorten untersucht. Die Widerstandsänderung ist im allgemeinen nicht ausschließlich durch die Änderung der geometrischen Form des Drahtes erklärt, da unter dem Einfluß der Zugbelastung eine strukturbedingte Änderung des spezifischen Widerstandes auftritt, die von der Vorbehandlung des Drahtes bei seiner Herstellung abhängt. Beide Anteile sind bei den meisten der untersuchten Drähte von der gleichen Größenordnung. Nickel weist bei Belastung sogar anfänglich eine Widerstandsabnahme auf, in Übereinstimmung mit seinen magnetischen Eigenschaften. Für den vorliegenden Verwendungszweck ist Konstantandraht gut geeignet. Die bei ihm unter Zug auftretende Änderung des spez. Widerstandes ist praktisch Null, seine Eigenschaften sind von seiner Herkunft unabhängig. Der Temperaturbeiwert des elektrischen Widerstandes ist hinreichend klein. Daher ist die Abhängigkeit der Widerstandsänderung unter Last vom Drahtdurchmesser d für Konstantan leicht zu übersehen: sie ist $1/d^4$ proportional. An Konstantandraht mit $d = 6 \cdot 10^{-3}$ cm wird, bezogen auf die Länge 1 cm, bei der Belastung 1 g die Widerstandsänderung $0{,}9 \cdot 10^{-4}\ \Omega$ gemessen (zulässige Belastung etwa 100 g).

G Belastungsgewicht
K Gegengewicht zur Nulleinstellung
P_1, P_2 elektrisch-isolierte Kupferblöcke zum Anlöten des Meßdrahtes D
Abstand $P_1 P_2$ rd. 30 cm
Durchmesser des Drahtes 2 bis $8 \cdot 10^{-3}$ cm

Abb. 8. Waage zur Messung der Längen- und Widerstandsänderungen von Drähten bei veränderlicher Zugbeanspruchung.

Mit der in Abb. 8 schematisch dargestellten Anordnung wird der zu untersuchende Draht belastet und sein Widerstand zwischen den Punkten P_1 und P_2 mit einer Brücke gemessen. (Infolge ihres großen Querschnittes sind die Widerstände der Lötstellen auf den Kupferblöcken verschwindend klein gegen den des Drahtes). Die Messung der Längenänderung erfolgt durch Beobachtung einer an P_2 befindlichen Schneide mit dem Mikroskop. *Eb.*

DK 550.371

Phasenunregelmäßigkeiten des täglichen Ganges des erdelektrischen Feldes. (Nach R. Guizonnier, C. R. Acad. Sci., Paris 207 (1938) S. 372; 3 S., 0 Abb.]

Bereits 1935 hatte Guizonnier festgestellt[1]), daß der regelmäßige tägliche Gang des erdelektrischen Feldes in zwei Komponenten zerlegt werden kann, von denen die eine eine zwölfstündige, die andere eine 24stündige Periodizität aufweist. Es zeigt sich nun, daß der regelmäßige Verlauf dieser Perioden durch Störungen beeinträchtigt werden kann, in der Art, daß die aus den beiden periodischen Komponenten resultierende Kurve des beobachteten elektrischen Erdfeldes, je nach der Stärke der Störungen, eine mehr oder minder deutliche Verlagerung des zeitlichen Intensitätsmaximums aufweist. Die eingehende Analyse eines großen, von neun verschiedenen Stationen stammenden Beobachtungsmaterials ergibt, daß die Störungen vor allem die halbtägige Komponente des elektrischen Feldes beeinflussen. Daneben ist ein wenngleich im allgemeinen sehr viel geringerer Einfluß auf die ganztägige Komponente ebenfalls vorhanden. *Bmk.*

[1]) C. R. Acad. Sci., Paris 200 (1935) S. 882.

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH.

Wirtschaftliche Kennlinien der Elektrizitätswerke.

Von **Kurt H. Borchard**, Porta Westfalica.

621.311.012.3.003.1

Übersicht. Die „wirtschaftliche Charakteristik" ist eine Kennlinie, welche die Jahreskosten eines Elektrizitätswerkes abhängig von der Erzeugungsgröße darstellt. Diese Kennlinie sowie die hier graphisch und mathematisch abgeleiteten kritischen und günstigsten Beschäftigungsgrade, Aufbau- und Rücklaufkennlinien stellen in Verbindung mit anderen Kennziffern ein handliches und anschauliches Werkzeug zur Beurteilung der Konjunkturfestigkeit, zur Behebung etwaiger Schäden und beim Fällen grundsätzlicher geschäftlicher Entscheidungen z. B. über Erweiterungen und Tarife dar. Am Schluß wird die Anwendung an praktischen Beispielen gezeigt.

Daß ein steigender oder fallender Beschäftigungsgrad die Wirtschaftlichkeit aller Unternehmungen in höchstem Maße beeinflußt, ist uns allen nur zu geläufig. Wir alle haben das allgemeine Sinken des Beschäftigungsgrades in der Vergangenheit miterlebt und können heute eine Steigerung der Produktion in der deutschen Wirtschaft beobachten, die in diesem Umfange kaum vorausgeahnt werden konnte.

Unter den Schwankungen des Beschäftigungsgrades haben in den Jahren abnehmenden Beschäftigungsgrades die Firmen besonders gelitten, deren Aufwendungen für den Betrieb größtenteils durch seine Kapazität bedingt und vom Beschäftigungsgrad mehr oder weniger unabhängig sind (feste Kosten); dagegen waren diejenigen Betriebe am wenigsten konjunkturempfindlich, die nur wenig feste Kosten aufzuwenden hatten und den größten Teil ihrer Aufwendungen dem Beschäftigungsgrad anpassen konnten (bewegliche Kosten).

Anderseits wirkt sich bei den Unternehmungen mit hohen festen Kosten jede Steigerung der Produktion (im Gegensatz zu den Betrieben mit verhältnismäßig geringen festen Kosten) sehr günstig aus, da die Selbstkosten je Produktionseinheit eines Werkes mit hohen festen Kosten viel stärker mit zunehmendem Beschäftigungsgrad sinken.

Die Konjunkturempfindlichkeit einer Unternehmung ist also vom Anteil der festen Kosten an den gesamten Kosten in hohem Maße abhängig. Anderseits spielt die Art, wie die beweglichen Kosten vom Beschäftigungsgrad abhängen (proportional, degressiv, progressiv, stufenweise usw.), eine nicht ohne weiteres zu vernachlässigende Rolle. Jeder Betrieb besitzt somit eine ihm eigentümliche „wirtschaftliche Charakteristik", wie wir diese Kurve nennen wollen, die durch die Abhängigkeit der gesamten Kosten je Zeiteinheit vom Beschäftigungsgrad gegeben ist.

In der vorliegenden Arbeit wird nun der Versuch gemacht, die Anhängigkeit der Selbstkosten vom Beschäftigungsgrad und von der Gestalt der wirtschaftlichen Charakteristik darzustellen, deren Hauptkennzeichen der Anteil der festen Kosten an den Gesamtkosten einerseits und die Art der Abhängigkeit der beweglichen Kosten vom Beschäftigungsgrad anderseits sind. Dabei soll, sofern sich geringe Vernachlässigungen als zulässig erweisen, möglichst Allgemeingültigkeit der zahlenmäßigen Ergebnisse angestrebt werden.

Die Grundkurven.

Als Beschäftigungsgrad gilt das Verhältnis der Produktion einer Zeiteinheit zur höchsten möglichen Produktion des Werkes in der gleichen Zeiteinheit. Diese größte mögliche Produktion wird als Kapazität bezeichnet. Daher können wir sagen: Der Beschäftigungsgrad ist das Verhältnis der Produktion einer Zeiteinheit zur Kapazität.

Als Zeiteinheit wollen wir im folgenden ein Jahr wählen, so daß wir von „Jahreskosten" statt von „Kosten je Zeiteinheit" sprechen.

Zur Einführung in das zu behandelnde Gebiet betrachten wir zunächst die Abb. 1, die (ohne Rücksicht auf die Maßstabverhältnisse) uns mit dem Verhalten der Gesamtkosten und den daraus zu berechnenden Einheitskosten bekannt macht. Wenden wir uns zunächst solchen Kosten zu, welche unabhängig vom Beschäftigungsgrad b immer in derselben Größe auftreten, so erhalten wir eine Gerade, welche in gleichbleibender Höhe über der Abszisse aufzutragen ist und die festen Kosten darstellt (Abb. 1 a). Wollen wir nunmehr die Einheitskosten, d. h. die Kosten berechnen, welche auf die Produktionseinheit entfallen, so müssen wir durch Teilung der Jahreskosten durch die jeweilige Jahresproduktion die zu einer bestimmten Jahresproduktion gehörigen Einheitskosten errechnen.

Abb. 1. Zur Einführung: Die Abhängigkeit der Gesamtkosten K_b und Einheitskosten e vom Beschäftigungsgrad b.

Hierbei ist angenommen, daß es sich um ein einheitliches Erzeugnis handelt; werden mehrere verschiedenartige Erzeugnisse in dem gleichen Betrieb hergestellt, so sind die Einheitskosten (die Selbstkostenpreise) für jedes Erzeugnis gesondert aus den einzelnen Jahreskosten und der Jahresproduktion zu ermitteln.

Berechnet man nun zur Abb. 1 a die Einheitskosten, so ergibt sich für diesen Fall, wie man aus Abb. 1 b ersieht, eine hyperbolische Abhängigkeit dieser Einheitskosten von der Produktion oder, was dem entspricht, vom Beschäftigungsgrad. In vielen Schaubildern der vorliegenden Arbeit ist nämlich statt der Produktion in absoluten Werten der Beschäftigungsgrad eingesetzt, wobei ein Beschäftigungsgrad von 100 % der Produktionskapazität gleichgesetzt ist. Die Gesamtkosten werden im folgenden mit K_b, der Beschäftigungsgrad mit b und die Einheitskosten mit e bezeichnet.

Die in Abb. 1 b dargestellte Hyperbel besagt, daß der Anteil der festen Kosten an der Produktionseinheit bei niederem Beschäftigungsgrad erheblich größer ist als bei hohem Beschäftigungsgrad. In den festen Kosten liegen

also Gefahren, denen ein Werk bei abnehmendem Beschäftigungsgrad ausgesetzt ist. Ferner ist das in Abb. 1 a und b dargestellte Verhalten der festen Kosten einer der Gründe, welcher dauernde Absatz- und Produktionserweiterung wegen der damit verbundenen Selbstkostenverminderung wünschenswert erscheinen läßt. Dies gilt für alle Werke, bei denen der Anteil der festen Kosten an den Gesamtkosten wirtschaftlich ins Gewicht fällt, was praktisch bei allen Betrieben, ganz besonders in Elektrizitätswerken, in mehr oder minder starkem Maße der Fall ist.

Demgegenüber bedeuten die im gleichen Verhältnis mit der Beschäftigung wachsenden Kosten keinerlei Gefahr, da, wie wir aus Abb. 1 c und d sehen, die Einheitskosten von der Beschäftigung unabhängig sind.

Nimmt die Steigung der Kostenkurve mit zunehmendem Beschäftigungsgrad ab, so spricht man von einem degressiven, umgekehrt von einem progressiven Verlauf der Kostenkurve (Abb. 1 e bis h). Bei progressivem Verlauf sind die Selbstkosten bei niederem Beschäftigungsgrad kleiner als bei höherem Beschäftigungsgrad; bei degressiver Kostenentwicklung ist ein höherer Beschäftigungsgrad anzustreben, da er die Einheitskosten vermindert.

Die Jahreskosten.

Häufig zeigen wirtschaftliche Kennlinien bei kleineren Beschäftigungsgraden einen degressiven, bei höheren Beschäftigungsgraden einen progressiven Verlauf oder dergleichen. Um bei der Vielgestaltigkeit der möglichen nicht linearen Kennlinien eine systematische Untersuchung und zu diesem Zweck eine systematische Abwandlung einer Kurvenform in die andere zu ermöglichen, sei zunächst angenommen, daß die Kennlinien entweder nur degressiv oder nur progressiv seien. In Abb. 2 a sind als Beispiele einige mögliche progressive und degressive Kennlinien für den Fall eingetragen, daß der Anteil der festen Kosten 50 % der Gesamtkosten bei Vollbeschäftigung beträgt (f = 50 %). Die lineare Kennlinie erscheint hier als Grenzlinie zwischen dem Gebiet der degressiven und progressiven Kennlinien.

Die in Abb. 2 dargestellte Kurvenschar ist darstellbar durch die Gleichung

$$K_b = f + \frac{1-f}{1 + p\left(\frac{1}{b} - 1\right)}, \tag{1}$$

wo b den Beschäftigungsgrad, K_b die von b abhängigen Gesamtkosten je Zeiteinheit, wo f den Anteil der festen Kosten an den Gesamtkosten bei Vollbeschäftigung (bzw. bei dem augenblicklichen Beschäftigungsgrad), und p einen Parameter darstellt, welcher den Sinn und Grad der Durchbiegung unserer Kennlinie angibt (alle Werte außer p sind in Teilen von 1 einzusetzen). Für $p = 1$ erhält man die Gleichung der linearen Charakteristik

$$K_b = f + b\,(1-f), \tag{1a}$$

für p zwischen 0 und 1 degressive, für p zwischen 1 und ∞ progressive Kennlinien.

Man kann nun eine in der Praxis gegebene Kennlinie (oder einen Teil derselben) in erster Annäherung mit einer Normalkurvenschar nach Abb. 2 a versuchen, näherungsweise zur Deckung zu bringen und den zugehörigen Krümmungsparameter p ablesen. Wenn f von 50 % abweicht, so ändert man den Ordinatenmaßstab und die Nullpunktslage im Schaubild entsprechend. Ist in einem gegebenen Fall z. B. $f = 0{,}5$ und $p = 0{,}8$ gegeben, so ist damit eine degressive stetige Kennlinie mit einfacher Krümmung vollständig definiert.

Der Krümmungsparameter p gibt übrigens bei bekanntem f ein Maß für die Durchschnittsjahreskosten zwischen Beschäftigungslosigkeit und Vollbeschäftigung, welche durch den Flächeninhalt unter der Kennlinie gegeben sind. Die Beziehung lautet:

$$\int\limits_{b=0}^{b=1} K_b\,\mathrm{d}b = f + (1-f)\,\frac{1-p+p\ln p}{(1-p)^2}\,. \tag{2}$$

Die Durchschnittsjahreskosten erhält man hieraus in Teilen der Gesamtkosten K für $b = 1$.

Die Einheitskosten.

In Abb. 2 b sind die Einheitskosten e dargestellt, welche sich aus den Gesamtkosten K_b (Abb. 2 a) ergeben, wenn man sie durch b dividiert. Die Einheitskostengleichung lautet daher:

$$e = \frac{K_b}{b} = \frac{1-f}{b\,(1-p)+p} + \frac{f}{b}\,. \tag{3}$$

Abb. 2a. Gesamtkosten.

Abb. 2b. Einheitskosten.

Abb. 2. Degressive, lineare und progressive Gesamtkosten K_b und zugehörige Einheitskosten e beim festen Kostenanteil f = 50 %.

Für $p = 1$, den Fall der linearen Gesamtkostenkennlinie, wird

$$e = \frac{f}{b} + (1-f) = 1 + f\left(\frac{1}{b} - 1\right). \tag{3a}$$

Wie man sieht, liegen die zu den degressiven Kostenkurven gehörigen Einheitskostenkurven ($p = 0$ bis 1) oberhalb der Einheitskostenkurve für $p = 1$, die zu den

progressiven Kostenkurven gehörigen Einheitskurven ($p = 1$ bis ∞) dagegen unterhalb derselben.

Bei den degressiven Kostenkurven sinken die Einheitskosten stetig mit zunehmendem Beschäftigungsgrad und liegen im übrigen bei gleichem Anteil der festen Kosten um so tiefer, je kleiner die Abweichung der Jahreskostenkurven von der linearen Grundform ist.

Günstigster Beschäftigungsgrad.

Bei den progressiven Kostenkurven liegen dagegen die Einheitskostenkurven um so tiefer, je stärker die Jahreskostenkurven von der linearen Grundform abweichen. Die Einheitskosten, welche aus progressiven Jahreskostenkurven hergeleitet sind, weisen eine wesentliche Besonderheit auf; sie sinken zunächst mit steigendem Beschäftigungsgrad und steigen dann wieder an. Die so entstehenden Minima der Einheitskosten sind für sie kennzeichnend; die Lage des jeweiligen Minimums soll durch den „Beschäftigungsgrad mit den geringsten Einheitskosten" b_{opt} (den optimalen Beschäftigungsgrad) angegeben werden.

Der Abb. 2 b ist zu entnehmen, daß b_{opt} mit schwächer werdender Progression (von ∞ auf 1 abnehmendem p) nach höheren Beschäftigungsgraden abwandert. Ist im Grenzfall die Kostenkurve linear, so liegt b_{opt} bei $b = 1$ (innerhalb der betrachteten Grenzen zwischen $b = 0$ und $b = 1$).

Untersucht man Kurvenscharen für verschiedene Werte von f, so findet man, daß b_{opt} bei gleichem p und steigendem Anteil der festen Kosten f gleichfalls in Richtung höherer Beschäftigungsgrade wandert.

Man kann also sagen, daß z. B. kapitalintensive Werke mit hohen festen Kosten und progressiver Kennlinie einen günstigsten Beschäftigungsgrad besitzen, der um so höher liegt, je größer der Anteil der festen Kosten und je schwächer die Kostenprogression (die Krümmung der Kostenkurve) ist. Dagegen kann bei degressiven Kosten der Beschäftigungsgrad gar nicht genug gesteigert werden, da die Einheitskosten nicht wieder ansteigen.

Mathematisch ergibt sich b_{opt}, indem man Gl. (3) differenziert und das Ergebnis gleich 0 setzt. Es zeigt sich auch hier, daß zwischen $b = 0$ und $b = 1$ Extremwerte nur auftreten können, wenn p größer als 1 ist. Die Rechnung führt zu der Gleichung:

$$b_{\mathrm{opt}} = \frac{p}{p - 1 + \sqrt{\frac{1}{f} - 1}\,\sqrt{p + 1}}. \tag{4}$$

Kritischer Beschäftigungsgrad.

Unter dem kritischen Beschäftigungsgrad b_{krit} soll derjenige Beschäftigungsgrad verstanden werden, bei dem die mit sinkendem Beschäftigungsgrad steigenden Einheitskosten dem Verkaufspreis gleich werden, d. h. bei welchem der Gewinn in Verlust umschlägt. Die Kenntnis dieses Wertes bietet wertvolle Fingerzeige bei der Abschätzung der Konjunkturfestigkeit, bei der Überprüfung der Gewinnspanne und der Tarife.

Betragen die Einheitskosten bei Vollbeschäftigung $e = k = 1$, bezeichnen wir mit v den Verkaufspreis und mit g den Gewinnaufschlag in Teilen der erwähnten Einheitskosten bei Vollbeschäftigung, so ist

$$v = 1 + g. \tag{5}$$

Die Waagerechte für $g = 0{,}4$ in Abb. 2 b gibt also z. B. den Verkaufspreis $v = 1{,}4$ an, wobei diese Zahlen auf die Einheitsselbstkosten bei Vollbeschäftigung bezogen sind. Der kritische Beschäftigungsgrad tritt nach der oben gegebenen Definition dann ein, wenn

$$v = e. \tag{6}$$

Die Bestimmung des kritischen Beschäftigungsgrades geht demnach von folgender Bedingungsgleichung aus:

$$v = 1 + g = e = \frac{1 - f}{b_{\mathrm{krit}}(1 - p) + p} + \frac{f}{b}. \tag{7}$$

Die Auflösung nach b_{krit} führt zu folgendem Ergebnis:

$$b_{\mathrm{krit}} = \frac{p(v - f) + 1 \pm \sqrt{p^2(v - f)^2 - 2p(v - 2vf + f) + 1}}{2v(1 - p)}. \tag{8}$$

Für stark degressive Kennlinien nähert sich die Wurzel dem Wert 1; man erhält im allgemeinen nur einen positiven Wert für b_{krit}.

Die progressiven Kennlinien zeigen jedoch auch hier eine Besonderheit: es ergeben sich zwei positive kritische Beschäftigungsgrade, von welchen der eine unterhalb, der andere oberhalb von $b = 1$ liegt; dies gilt jedoch nur für den Fall, daß das Werk bei $b = 1$ mit Gewinn arbeitet. Erleidet das Unternehmen bei $b = 1$ Verluste, so liegen beide kritischen Beschäftigungsgrade unterhalb von $b = 1$. Der untere ($b_{\mathrm{krit\,u}}$) und der obere ($b_{\mathrm{krit\,o}}$) kritische Beschäftigungsgrad grenzen ein gewisses Intervall ein, innerhalb dessen es unter den sonst gegebenen Umständen möglich ist, mit Gewinn abzuschneiden. Bei sehr geringem Verkaufspreis wird das Intervall im Grenzfall zu Null, so daß der untere und obere kritische Beschäftigungsgrad in einem Punkt zusammenfallen. Bei noch kleiner werdendem Verkaufspreis werden die kritischen Beschäftigungsgrade imaginär, d. h. bei jedem Beschäftigungsgrad ist unter den gegebenen Umständen mit Verlust zu rechnen.

Für lineare Kennlinien ist die in entsprechender Weise aus Gl. (5), (6) und (3 a) abzuleitende sehr einfache Gleichung anzuwenden:

$$b_{\mathrm{krit}} = \frac{f}{g + f}. \tag{9}$$

Differenzkosten.

Zur Beurteilung eines gegebenen wirtschaftlichen Betriebszustandes ist es öfters wichtig, die Steigung der Gesamtkostenkurve in dem zu untersuchenden Punkte zu kennen. Vergrößert man nämlich den Beschäftigungsgrad von b_1 auf b_2, und erhöhen sich die Kosten dementsprechend von K_{b_1} auf K_{b_2}, so betragen die Differenzkosten:

$$\frac{K_{b_2} - K_{b_1}}{b_2 - b_1}. \tag{10}$$

Mathematisch ausgedrückt sind sie der Differentialquotient der Gesamtkosten K_b nach dem Beschäftigungsgrad; wir erhalten somit durch Differenzierung der Gl. (1):

$$\frac{\mathrm{d}K_b}{\mathrm{d}b} = \frac{(1 - f)\,p}{b(1 - p) + p^2}. \tag{11}$$

Diese Formel gilt für alle linearen und nicht linearen Kennlinien; sie erlaubt z. B. die Berechnung der zusätzlichen Kosten, welche durch die Hereinnahme zusätzlicher Aufträge entstehen.

Vereinfachung der Rechnung.

Ist die Abweichung der Charakteristik von der linearen Grundform nicht erheblich ($p \approx 1$), so ist die Anwendung der oben für lineare Kennlinien angeführten Gleichungen mit großer Genauigkeit möglich. Dies gilt um so mehr, je größer der Anteil der festen Kosten f ist, weil mit zunehmendem f die (durch Abweichungen von $p = 1$ bedingten) Fehler kleiner werden. Dies läßt sich leicht nachweisen, wenn man nach Art der Abb. 2 a Diagramme für verschiedene Werte von $f = 0$ bis $f = 100\,\%$ konstruiert. Der Fehler wird zu Null, wenn f den Wert $100\,\%$ erreicht. Da in den Versorgungsbetrieben der Anteil der festen Kosten sehr hoch ist, bedeutet diese Fest-

stellung in vielen Fällen eine Rechtfertigung der Anwendung jener einfachen Gleichungen, die oben für lineare Kennlinien abgeleitet sind.

Wie der Gewinn bei konstantem Verkaufspreis, bei verschiedener Kostenprogression oder -degression und bei veränderlichem Beschäftigungsgrad sich gestaltet, ist aus Abb. 2 b abzuleiten. Wie man sieht, spielt auch hier b_{opt} eine besondere Rolle, da bei diesem Beschäftigungsgrad der höchste Einheitsgewinn (bei gleichbleibendem Verkaufspreis) anfällt.

Analyse zusammengesetzter Charakteristiken. (Anwendungsbeispiel.)

Beobachtet man ein Werk im Laufe seiner Entwicklung, bestimmt man die Jahreskosten, welche in den verschiedenen Jahren anfallen, und trägt diese Jahreskosten über der Jahreserzeugung auf, so erhält man bekanntlich eine Reihe von Punkten, die — miteinander verbunden — die wirtschaftliche Charakteristik ABC ergeben (Abb. 3).

Abb. 3. Analyse einer gegebenen zusammengesetzten Charakteristik in degressive und progressive Kurvenstücke.
Man findet die kritischen Beschäftigungsgrade b_{krit} als Abszisse der Punkte F und K bzw. B und D und den günstigsten Beschäftigungsgrad b_{opt} als Abszisse von G.

In ihrem unteren Teil AB zeigt die Kurve degressiven Charakter, im oberen Teil BC ist sie progressiv, ein Verlauf, den man in ähnlicher Form häufiger findet. Die Kosten und den Beschäftigungsgrad bei C setzen wir beide gleich 1 bzw. 100 %. Da die Linie ABC die Kosten $OA = 30\,\%$ auf der Ordinate abschneidet, erhalten wir:

$$f = 30\,\%. \tag{12}$$

Verlängern wir AB über B hinaus bis E, so ist damit der Rahmen für die Bestimmung der Kostengleichung des degressiven Kurvenstückes AB gegeben. Durch Vergleich mit Normalkurven nach Art der Abb. 2 a findet man für die gegebene Kurvenform

$$p_{AB} \approx 0{,}5. \tag{13}$$

Da die Kosten EC' nicht 100 %, sondern nur 61,5 % in dem gewählten Maßstab ausmachen, müssen wir an Stelle von $(1-f)$ nur $(0{,}615-f)$ in die obige Kostengleichung einsetzen, so daß wir erhalten:

$$K_b = f + \frac{0{,}615 - f}{1 + p\left(\frac{1}{b} - 1\right)} = 0{,}3 + \frac{0{,}315}{1 + 0{,}5\left(\frac{1}{b} - 1\right)} \tag{14}$$

[zwischen A und B].

Verlängert man nun auch CB über B hinaus bis zum Schnitt mit der Ordinatenachse, so erhält man die fiktiven festen Kosten des progressiven Kurvenstückes

$$f_{\text{fikt}} = 39\,\%, \tag{15}$$

welche mit den tatsächlichen festen Kosten nichts zu tun haben. Durch Vergleich der ergänzten progressiven Kurve mit einer Normalkurve nach Art der Abb. 2 a gewinnt man:

$$p_{AB} \approx 5. \tag{16}$$

Somit lautet die Kostengleichung

$$K_b = f_{\text{fikt}} + \frac{1 - f_{\text{fikt}}}{1 + p_{BC}\left(\frac{1}{b} - 1\right)} = 0{,}39 + \frac{0{,}61}{1 + 5\left(\frac{1}{b} - 1\right)} \tag{17}$$

[zwischen B und C].

Die Einheitskosten e erhält man, indem man die Gleichungen für K_b durch b dividiert. Unterhalb der Gesamtkosten sind die Einheitskosten in Abb. 3 eingetragen. Der Maßstab ergibt sich dadurch, daß die Einheitskosten im Punkte H den Wert 1 annehmen müssen, weil hier

$$e = \frac{K}{b} = \frac{1}{1} = 1 \tag{18}$$

gilt. Der günstigste Beschäftigungsgrad, welcher die Erzielung der geringsten Einheitskosten ermöglicht, beträgt:

$$b_{\text{opt}} = \frac{p_{BC}}{p_{BC} - 1 + \sqrt{\frac{1}{f_{\text{fikt}}} - 1}\,\sqrt{p_{BC}} + 1} \approx 0{,}7 = 70\,\%. \tag{19}$$

Die kritischen Beschäftigungsgrade erhalten wir aus der oben angeführten Gl. (8), wo wir ebenso statt p p_{BC}, statt f f_{fikt} und als $v = 1 + g$ den Wert 1,27 einsetzen, da die Umsatzkurve bei $b = 1$ um $LC = 27\,\%$ höher liegt als die entsprechenden Gesamtkosten CC'.

Man erhält die beiden Werte

$$b_{\text{krit u}} = 36\,\% \quad \text{und} \quad b_{\text{krit o}} = 110\,\%. \tag{20) (21}$$

(Läge $b_{\text{krit u}}$ auf dem Kurvenstück AB, so wäre zur Errechnung dieses Wertes statt p p_{AB} in Gl. (8) einzuführen, während $f = OA$ stehen blieb, und statt $v = 1 + g$, $v_{\text{fikt}} = LC/EC'$ einzusetzen wäre.)

Ein Vergleich mit dem Diagramm zeigt die gute Übereinstimmung. Dort erscheint b_{opt} im Tiefstpunkt G der Einheitskostenkurve und b_{krit} an den beiden Schnittpunkten F und K der Einheitskurve mit der Verkaufspreisgeraden bzw. B und D der Umsatzgerade mit der Gesamtkostenkurve. Die senkrecht schraffierten Flächen sind somit Gewinnflächen, die waagerecht schraffierten dagegen Verlustflächen. Zwischen 36 und 110 % liegt somit das hier sehr breite Intervall wirtschaftlichen Arbeitens, bei 70 % der Punkt der geringsten Einheitskosten.

Soll nun der wirtschaftliche Zustand des Unternehmens für $b = 100\,\%$ beurteilt werden, so muß man feststellen, daß der Geschäftsumfang sich längst über b_{opt} und ebenso den größten Jahresgewinn hinaus entwickelt hat. Obwohl gegenüber diesen Betriebszuständen eine erhebliche Zunahme des Geschäftsumfanges zu buchen ist, ist der Gewinn gefallen und wird bei weiterer Umsatzsteigerung im Hinblick auf die Nähe des oberen kritischen Beschäftigungsgrades vielleicht sogar in Verlust umschlagen. Man kann den Grund für diese Verhältnisse darin sehen, daß der Umsatz den Wert beträchtlich überschritten hat, für welchen das Werk errichtet wurde. Oberhalb des Planbeschäftigungsgrades (hier 75 % bezogen auf den augenblicklichen Zustand) mußte die letzte Maschine eingesetzt werden, so daß nicht mehr genug

Reservemaschinenleistung verfügbar war; die nun im Dauerbetrieb eingesetzten Reservemaschinen waren nicht so wirtschaftlich wie die anderen (unterhalb von $b = 75\,\%$) für den Dauerbetrieb vorgesehenen. In welchem Umfang diese und andere Gründe zu diesem Ergebnis beitragen, läßt sich erkennen, wenn die Gesamtkosten (Ordinaten) in Brennstoff-, Lohnkosten usw. unterteilt werden und so der Raum zwischen der Gesamtcharakteristik und der Abszissenachse durch Verbindungslinien der auf diese Weise entstehenden Teilpunkte aufgeteilt wird. Die hierdurch mögliche Erkenntnis der Ursachen zeigt den besten Weg zur Behebung der hier im Keim sich zeigenden Schäden.

Abb. 4. Feste Jahreskosten eines Elektrizitätswerkes abhängig von der Kapazität in kW (4a) und von der Jahreserzeugung in kWh (4c) unter Berücksichtigung des stufenartigen Ausbaus und der Verbesserung der Benutzungsdauer mit zunehmender Jahreserzeugung.

Aufbaukennlinien.

Mit dem zunehmenden Ausbau eines Elektrizitätswerkes wachsen auch die festen Kosten, wie in Abb. 4 schematisch dargestellt ist. Oben links (Abb. 4a) finden sich die festen Jahreskosten in ihrer theoretischen Abhängigkeit von der installierten Leistung (Kapazität); in der Praxis ergibt sich jedoch nicht der hier gezeigte stetige degressive Linienzug, da die Erweiterungen sprungweise erfolgen. Nehmen wir an, daß die Gesamtkapazität D in drei Stufen ausgebaut wird:

I. Ausbau AB,
II. Ausbau (erste Erweiterung) BC,
III. Ausbau (zweite Erweiterung) CD,

so erhalten wir die oben rechts (Abb. 4c) dargestellte Kennlinie der festen Kosten in Abhängigkeit von der Jahreserzeugung in kWh. Den Übergang von der Kapazität (kW) zur Jahreserzeugung (kWh) vermittelt die unten links eingetragene Kurve (Abb. 4b). Der progressive Verlauf dieser Kurve erklärt sich daraus, daß mit fortschreitender Erweiterung eine Verbesserung der Benutzungsdauer erwartet werden darf. Wäre dies nicht der Fall, so müßte sich an Stelle der progressiven Kurve eine lineare ergeben. Jeder Benutzungsdauer h (bezogen auf die Kapazität) entspricht ein im Nullpunkt A entspringender (gradliniger) Strahl. Die Benutzungsdauer wächst mit zunehmendem Winkel zwischen gerader und waagerechter Achse. Daher ermöglicht die Einzeichnung eines in A entspringenden Strahlenbündels die Ablesung der zu jedem Punkt der progressiven Kurve gehörigen Benutzungsdauer. Sie findet sich als Parameter an dem Strahl verzeichnet, welcher den betreffenden Punkt schneidet (z. B. h_2 im Punkt B, h_3 bei C und h_4 bei D).

Trägt man über der so erhaltenen Kennlinie der festen Kosten die beweglichen Kosten auf, so erhält man für die Gesamtkosten den in Abb. 5 eingezeichneten stark ausgezogenen Treppenlinienzug $ABCD$.

Rücklaufkennlinien.

Das Ansteigen der festen Kosten mit zunehmender Erzeugung ergibt sich vor allem aus dem fortschreitenden Ausbau der installierten Leistung und des Netzes. Bei rückläufigem Beschäftigungsgrad fallen sie nicht, sondern bleiben konstant.

Somit bauen sich bei rückläufigem Beschäftigungsgrad die beweglichen Kosten über den erwähnten konstanten Kosten auf. Die Gesamtkosten bei rückläufigem Beschäftigungsgrad liegen daher bei weitem oberhalb der Gesamtkosten, die sich bei fortschreitendem Ausbau der installierten Leistung entsprechend der zunehmenden Erzeugung ergeben haben.

Während die oben beschriebenen „Aufbaukennlinien" mit Pfeilen versehen sind, die nach rechts zeigen, sind die für rückläufigen Beschäftigungsgrad geltenden „Rücklaufkennlinien" durch nach links weisende Pfeile gekennzeichnet. Man erkennt, daß die Rücklaufkennlinien oberhalb der Aufbaukennlinie liegen, und zwar um so höher, je weiter der Aufbau der installierten Maschinen- und Netzleistung und die dem entsprechenden festen Kosten zugenommen hatten.

Abb. 5. Aufbaukennlinien (Rechtspfeile) und Rücklaufkennlinien (Linkspfeile) bei stufenartigem Ausbau.
Über den nach Abb. 4 sich ergebenden festen Kosten sind die von der Jahreserzeugung abhängigen („beweglichen") Kosten aufgetragen. Die Summenkurve stellt die Gesamtkosten (Aufbaukennlinie) dar. Bei rückläufigem Beschäftigungsgrad bleiben die dem jeweiligen Ausbau des Werkes entsprechenden festen Kosten bestehen, so daß die Rücklaufkennlinien entsprechend höher als die Aufbaukennlinie liegen. Ein Vergleich mit der Umsatzlinie gibt den Gewinn oder Verlust an.

Auch der Anteil der festen Kosten an den Gesamtkosten liegt bei gleicher Erzeugung um so höher, je weiter sich der feste Teil der installierten Leistung in

Zeiten vorübergehender stärkerer Beschäftigung entwickelt hatte. Mit der Zunahme des Anteils der festen Kosten nimmt aber die Konjunkturempfindlichkeit zu.

In Ab. 5 sind die Rücklaufkennlinien eingetragen für den Fall, daß die Aufbaukennlinie bis zur Erzeugung B, C bzw. D unter den geschilderten Umständen fortgeschritten ist. Die Rücklaufkennlinien kann man daher mit den Buchstaben B, C bzw. D oder den diesen Punkten entsprechenden ausgebauten Leistungen bezeichnen. Wie man sieht, gibt es in der Geschichte eines Werkes nur eine Aufbaukennlinie; dagegen entspricht jedem Punkt der Aufbaukennlinie eine Rücklaufkennlinie.

Betrachtet man die Rücklaufkennlinien bezüglich ihrer Lage zur Gewinnspanne, so erkennt man, daß bei rückläufigem Beschäftigungsgrad der Gewinn ganz erheblich beschnitten oder sogar in Verlust verwandelt werden kann, wenn man dem nicht durch einschneidende Maßnahmen entgegentritt.

Einheitskennlinien (Aufbau und Rücklauf).

Dividiert man die in Abb. 5 angegebenen gesamten Jahreskosten (Ordinaten) durch die zugehörige Erzeugung in kWh (Abszisse), so erhält man die durchschnittlichen

Abb. 6. Aufbau- und Rücklaufkennlinien der Einheitskosten zu Abb. 5. Bei höherem Anteil der festen Kosten würde die Aufbaukennlinie der Einheitskosten in ihrer Gesamtheit stärker fallende Tendenz zeigen.

Gestehungskosten je kWh, die man ebenso über der Erzeugung auftragen kann. Dieser Durchschnittswert stellt einen M i s c h w e r t aus den Aufwendungen für die verschiedensten Abnehmergruppen dar, ist also im Hinblick auf die Preisstellung für die einzelnen Abnehmergruppen wertlos. Er spiegelt dagegen das gesamtwirtschaftliche Ergebnis in seiner Abhängigkeit von dem Umfang der Erzeugung. Die so entstehenden Kennlinien in Abb. 3 werden als Einheitskostenkurven oder Einheitskennlinien bezeichnet.

Auch hier ist zwischen Aufbau- und Rücklaufkennlinien zu unterscheiden, die in Abb. 6 durch Pfeile kenntlich gemacht sind.

Ist der Ausbau der Maschinen- und Netzleistung entsprechend der Erzeugung bei C vollendet, so werden bei rückläufigem Beschäftigungsgrad die Einheitskosten nach der bei C abzweigenden Rücklaufkennlinie ansteigen. Die Rücklaufkennlinie C liegt z. B. zwischen B und D, und zwar höher als die Aufbaukennlinie und höher als die Rücklauflinie B, welche bei B abzweigt.

Will man dieser Entwicklung vorbeugen, so gibt es neben ständiger Senkung der festen Kosten und deren Überwachung nur einen Weg, nämlich den der Absatzerweiterung. Der Versuch, einen gegenwärtigen Zustand aufrechtzuerhalten, muß zum Rückschritt führen. Praktisch in Betracht kommt daher nur eine Möglichkeit, die aktive Werbung ständig auszubauen.

Abb. 5 gibt lediglich eine stark vereinfachte Darstellung der Kostenentwicklung im Aufbau und Rücklauf. Bei genauen Untersuchungen sind die Geraden durch nicht lineare Kurvenzüge zu ersetzen, deren Behandlung oben gezeigt wurde. Tatsächlich sind zudem in vielen Fällen, insbesondere in Versorgungsunternehmen, höhere feste Kosten anzutreffen. Je höher die festen Kosten sind, um so mehr wird das allgemeine Fallen der Einheitskostenlinie nach Abb. 6 sichtbar. Aus solchen Kurven sieht man auch, wie sich die Kosten bei weiter zunehmender Erzeugung entwickeln. Solange man sich nicht im progressiven Gebiet befindet, zeigt die Einheitsaufbaulinie ein oft nicht unbeträchtliches Fallen der durchschnittlichen Einheitskosten. Wird eine gewisse Anpassung der Abnehmerbelastungskurven an die Kraftwerksbelastungskurve durch zweckmäßige Tarifgestaltung und zähe Kleinarbeit der Werber erzielt, so wird eine Erweiterung der Anlagen unter Umständen z. T. überflüssig werden, so daß die auf eine Erweiterung entfallenden Kosten zu einem entsprechenden Teil eingespart werden können[1]).

Zusammenfassung.

Nach einer Gegenüberstellung der festen, proportionalen, degressiven und progressiven Kennlinien (Kosten abhängig vom Beschäftigungsgrad) und der zugehörigen Einheitskostenkurven werden Gleichungen entwickelt, welche die mathematische Anwendung nicht linearer und linearer Kennlinien ermöglicht [Gl. (1) und (3)]. Eine einfach gekrümmte Kennlinie ist hiernach durch zwei Werte, nämlich durch den Anteil der festen Kosten und den Krümmungsparameter eindeutig definiert (Konjunkturforschung und vergleichende Wirtschaftlichkeitsberechnungen!). Dadurch wird es möglich, u. a. den Beschäftigungsgrad mit den geringsten Einheitskosten [Gl. (4)] und die kritischen Beschäftigungsgrade, bei welchen der Gewinn in Verlust umschlägt [Gl. (8) und (9)], auf mathematischem Wege zu ermitteln. An Hand eines Beispiels wird gezeigt, wie sich die an einfach gekrümmten Kennlinien abgeleiteten Sätze auf zusammengesetzte Kennlinien übertragen lassen. Da sich bei rückläufigem Beschäftigungsgrad die festen Kosten ihrer Natur entsprechend im großen und ganzen nicht rückgängig machen lassen, so werden die Rücklaufkennlinien in hohem Maße von dem Grad des Ausbaus eines Werkes beeinflußt. Die Rücklaufkennlinien liegen um so höher über der Aufbaukennlinie, je weiter der Aufbau der installierten Leistung und die dem entsprechenden festen Kosten zugenommen hatten. Alle diese Kennlinien stellen in ihrer Gesamtheit ein Werkzeug dar zur Kennzeichnung und Untersuchung eines gegebenen wirtschaftlichen Zustandes, zur rechtzeitigen Aufdeckung wirtschaftlicher Schäden und einen Wegweiser bei den verschiedenartigsten geschäftlichen Entscheidungen.

[1]) Meinen Mitarbeitern Dr. W e l k e, W. M e i s e, W. B e n s i e c k und E. B o r c h a r d möchte ich auch an dieser Stelle meinen Dank sagen.

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin: 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G.m.b.H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für Drähte und Kabel.
Ausschuß für Errichtungsvorschriften I.

In VDE 0250 U/IX. 38 „Umstellvorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen" werden in dem letzten eingeklammerten Satz des § 2b) die Worte „bis auf weiteres nur zu Versuchszwecken" gestrichen.

Die Vorschrift in der Klammer erhält folgende Fassung: (Isolierte Leitungen mit Aluminiumleitern in den Querschnitten 2, 5, 4, 6 und 10 mm² dürfen für Installationen in trockenen Räumen verwendet werden, wenn die nach VDE 0608/II. 38 geprüften, mit „Al" bezeichneten Klemmen zum Anschluß benutzt werden und keine zusätzlichen Beanspruchungen durch Erschütterung zu erwarten sind.)

Diese Änderung (VDE 0250 Uc/IV. 39) wurde vom Vorsitzenden des VDE im April 1939 genehmigt und tritt am 1. Mai 1939 in Kraft.

Ausschuß für Klemmenbezeichnungen.

Der Ausschuß für Klemmenbezeichnungen hat einen Entwurf zu Ergänzungen und Änderungen von

VDE 0570 „Regeln für Klemmenbezeichnungen"

aufgestellt, der zusammen mit Begründungen hierzu in ETZ 60 (1939) S. 511 veröffentlicht ist.

Begründete Einsprüche können bis zum 20. Mai 1939 bei der Geschäftstelle eingereicht werden.

Ausschuß für Theateranlagen.

Der Ausschuß für Theateranlagen hat als Ergänzung zu dem in ETZ 59 (1938) S. 777 veröffentlichten Entwurf zu

VDE 0108 „Vorschriften für elektrische Anlagen in Theatern und Versammlungsräumen, Geschäftshäusern und fliegenden Bauten"

einen weiteren Abschnitt V „Sonderbestimmungen für fliegende Bauten, wie Wanderzirkusse, Schaustellungen, Jahrmärkte, Messen und Ausstellungen" ausgearbeitet. Der Entwurf hierzu sowie einige Ergänzungen zu dem bisherigen Entwurf sind in ETZ 60 (1939) S. 512 veröffentlicht.

Begründete Einsprüche sind der Geschäftsstelle bis zum 20. Mai 1939 einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

41. Mitgliederversammlung des VDE in Wien vom 31. Mai bis 3. Juni 1939.

(Anmeldungen zur Mitgliederversammlung bis zum 4. Mai.)

Für Anmeldungen nach dem 4. Mai 1939 muß wegen der dadurch hervorgerufenen Mehrarbeit ein Unkostenzuschlag von RM 3,— je Teilnehmerheft erhoben werden.

Die Einladung nebst Anmeldeformular zu unserer Mitgliederversammlung lag Heft 15 vom 13. 4. 1939 bei.

Außerdem ist das ausführliche Programm in der ETZ Heft 14 vom 6. 4. 1939 Seite 439 veröffentlicht.

Bekanntmachungen des MPA über Kunstharzpreßmassen und über typisierte und überwachte Preßstoffe.

Von den in ETZ 60 (1939) Heft 11 und 12 erschienenen

Bekanntmachungen des Staatlichen Material-Prüfungs-Amtes über Kunstharzpreßmassen für typisierte und überwachte Preßstoffe bzw. über typisierte und überwachte Preßstoffe

hat die ETZ-Verlag GmbH einen Sonderdruck hergestellt, der zum Preise von RM 0,40 je Stück, zuzüglich Porto, abgegeben wird.

VDE-Mitglieder erhalten auf jede Bestellung für eigenen Bedarf einen Preisnachlaß von 10%.

Bestellungen sind nicht an uns, sondern an die ETZ-Verlag GmbH, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, VDE-Haus, zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Theoretische Elektrotechnik".
Leiter: Prof. K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Oberingenieur Dr. phil. F. Strecker, Berlin, am Donnerstag, dem 27. April 1939, um 20 Uhr in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Die Anwendung der Matrizenrechnung in der Elektrotechnik".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Röhrentechnik". (Leiter: Direktor Dr. phil. H. Kerschbaum VDE) in Gemeinschaft mit der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft E. V., Bezirksgruppe Berlin.

Vortrag

des Herrn Dr.-Ing. A. Dresler, Berlin, am Donnerstag, dem 27. April 1939, um 20 Uhr in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Zur Technologie der Lichtquellen, Beispiele aus der Fertigung von Glühlampen und Gasentladungslampen".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Elektromaschinenbau".

Leiter: Professor Dr.-Ing. M. Kloss VDE.

Vortrag

des Herrn Ingenieur Dr. techn. A. Grabner VDE, Wien, am Dienstag, dem 2. Mai 1939, um 20^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Über die Entwicklung des Einphasenkollektormotors und seine Stromwendung".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Elektrowärme".

Leiter: Dipl.-Ing. W. Zillmer VDE.

Vortrag

des Herrn Dr.-Ing. H. Pawlek, Berlin, am Dienstag, dem 9. Mai 1939, um 20^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Schutzgase für den Elektroofenbetrieb".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im VDE-Haus, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
27. 4. 1939 „Gasgefüllte Entladungsgefäße".

Industrieanlagen. Leiter: Dr.-Ing. R. v. Meibom VDE.
28. 4. 1939 Der für diesen Tag angekündigte Vortrag wird auf den 14. Juni 1939 verlegt.

Elektrische Bahnen. Leiter: Reichsbahn-Bauassessor Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.
2. 5. 1939 Vortragsreihe „Elektrische Kolonialbahnen": „Vergleich der Entwürfe für Gleich- und Wechselstrom" a) ortsfeste Anlagen, b) Triebfahrzeuge. Vortragende: a) Dipl.-Ing. Schmeer; b) Dipl.-Ing. Lamprecht.

Stromrichter. Leiter: Dr.-Ing. E. Kübler VDE.
3. 5. 1939 „Mittel zur Oberwellenkompensation von Großrichteranlagen", Vortragender: Dr.-Ing. L. Lebrecht VDE.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
4. 5. 1939 Vortragsreihe „Ultrakurz- und Dezimeterwellentechnik": „Das Verhalten von Rückkopplungsröhren bei hohen Frequenzen". Beginn: 18 Uhr im Hörsaal 120 der T. H.

Hochspannungstechnik. Leiter: Dr.-Ing. G. Hameister VDE.
5. 5. 1939 Vortragsreihe „Die Netze und der Bau ihrer wichtigsten Anlagenteile": „Abnehmer- und Netzstationen", Vortragender: Ingenieur M. Fraasz.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Bezirksgruppe Karlsruhe. 27. 4. (Do), 20^{00}, T. H.: „Die Leuchtstoffe und ihre Anwendung in Verbindung mit ultra-violettem Licht". Dipl.-Ing. P. Schlüsser (lichttechn. Teil), Dr. Ketzer (chemischer Teil).

Bezirksgruppe Württemberg - Hohenzollern, Stuttgart (in Gemeinschaft mit der Deutschen Arbeitsfront). 4. 5. (Do), 20^{00}, Techn. Werke, Lautenschlagerstr. 21: „Gutes Licht — eine soziale Forderung, Beleuchtungsgestaltung in Wohn- und Werkräumen". Dipl.-Ing. W. Kircher. Anschließend Kulturfilm „Licht".

Physikalische Gesellschaft und Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Berlin. 3. 5. (Mi), 19^{30}, T.H.: „Molekülbildung ohne Boltzmann-Verteilung und Energieübertragung bei elementaren Stoßprozessen". H. Schüler.

Verein deutscher Ingenieure, Berlin. 17. bis 23. 5. (Mi bis Di): 77. Hauptversammlung in Dresden.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

A. Heilandt. — Ein hervorragender Vertreter der deutschen Berufs- und insbesondere der deutschen Facharbeiterausbildung, Herr Dr.-Ing. Adolf Heilandt, scheidet in diesen Tagen im Alter von fast 67 Jahren aus seinem Amt als Betreuer des Ausbildungswesens der AEG. Seine Arbeiten, die er auf dem Gebiet der Heranbildung eines tüchtigen Nachwuchses bei der AEG leistete, sind für die gesamte deutsche Industrie bahnbrechend geworden. Über seinen engeren Wirkungskreis hinaus hat Dr. Heilandt im Reichsinstitut für Berufsausbildung in Handel und Gewerbe (Deutscher Ausschuß für Technisches Schulwesen) maßgeblichen Einfluß auf die Ordnung der Ausbildungsberufe und die Aufstellung von Ausbildungsrichtlinien genommen. Von ihm stammen die ersten Berufsbilder, deren Ausbau für alle Wirtschaftsgruppen er durchführte. Es gab wohl keinen Zweig des industriellen Ausbildungswesens, dessen Förderung er sich nicht gewidmet hätte. — Die ehrenamtliche Tätigkeit Dr. Heilandts im Reichsinstitut für Berufsausbildung wird durch sein Ausscheiden aus der AEG nicht berührt.

Auszeichnung. — Prof. Dr. Giovanni Giorgi, Inhaber des Lehrstuhls für elektrisches Nachrichtenwesen an der Universität Rom, wurde zum Mitglied der Kgl. Akademie von Italien ernannt. Exzellenz Giorgi ist in der elektrotechnischen Fachwelt besonders bekannt geworden durch das von ihm vor 34 Jahren erdachte System der praktischen elektrisch-physikalischen Maßeinheiten, das im Jahre 1935 von der Internationalen Elektrotechnischen Kommission angenommen worden ist. Von den zahlreichen wissenschaftlichen Arbeiten Giorgis auf den verschiedensten Gebieten der Elektrophysik sind besonders seine Untersuchungen zur Begründung der Operatorenrechnung sowie theoretische Arbeiten über die Ausbreitung des elektrischen Stromes in Leitungen zu nennen. Eine seiner Arbeiten aus der theoretischen Mechanik vom Jahre 1924 enthält mathematische Ansätze, die sich später in der Wellenmechanik von Schrödinger als fruchtbar erwiesen haben.

Giorgi ist 1871 geboren, war von 1906 bis 1921 Direktor der technischen Betriebe der Stadt Rom, später Professor der theoretischen Physik und Mechanik an den Universitäten in Cagliari und Palermo. Seit 1934 lehrt er an der Universität Rom.

EINGÄNGE.

Bücher.

[Ausführliche Besprechungen vorbehalten.]

Richtig Kurzwellen-Rundfunk hören! Die Kurzwellenrundfunksender der Welt mit Bordbuch. Herausg. von J. Schneider. Mit 31 S. im Format 135×200 mm. Verlag Deutsch-Literarisches Institut J. Schneider, Berlin 1939. Preis geh. 0,50 RM.

[Das Büchlein will den Rundfunkhörern, die einen Kurzwellenbereich an ihrem Gerät haben, einige allgemeinverständliche Anweisungen und Fingerzeige über die Ausbreitung, das Aufsuchen und das richtige Einstellen der Kurzwellen geben. Ein Senderverzeichnis und ein Bordbuch zum Eintragen von Beobachtungen sind beigefügt.]

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. habil. K. H. Borchard, Porta Westfalica.
Dr.-Ing. S. Franck, Nürnberg-W., Stuttgarter Str. 14.
Dr.-Ing. E. Greulich, Mannheim, Collinistr. 9.
Dr. J. Juilfs, Berlin-Lankwitz, Leonorenstr. 26.
Dipl.-Ing. M. Kersten, Berlin-Siemensstadt, Rohrdamm 51.
Dr. phil. A. Rudolphi, Nürnberg-O., Wodanstr. 4.

Abschluß des Heftes: 21. April 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 4. Mai 1939 | Heft 18

E. C. Zehme †.

Der unerbittliche Tod hat einem nimmermüden Manne, dem Alt-Hauptschriftleiter der „Elektrotechnischen Zeitschrift", Herrn Oberingenieur Ernst Conrad Zehme, am 2. April im 76. Lebensjahre jählings den Griffel aus der Hand genommen. Ein Mann, ausgestattet mit reichen Geistesgaben, beseelt von unermüdlichem Wissensdrang, von heißem Verlangen nach immer neuen technischen und wissenschaftlichen Erkenntnissen und von rastlosem Fleiß ist dahingegangen. Über seiner schicksalhaften Bestimmung zum Techniker und Wissenschaftler waltete ein günstiger Stern: Das Geschick hatte ihm das erforderliche Erbgut bereits in die Wiege gelegt. Sein Vater war Direktor der Höheren Gewerbeschule in seiner Geburtsstadt Barmen; er konnte die ausgeprägte Neigung des Sohnes zur Technik sowie seine Studien aufs beste fördern. Kein Geringerer als Werner von Siemens hatte dem begabten jungen Manne einen Bildungsgang mit ausführlichem Rat vorgezeichnet. Der Verfasser dieses Nachrufs, der als Generalsekretär des vormaligen „Elektrotechnischen Vereins" mit dem Heimgegangenen über ein Jahrzehnt lang harmonisch zusammengearbeitet hat, weiß, wie sehr Herr Zehme W. von Siemens stets dafür innerlich gedankt und ihn verehrt hat. Seiner Studien in Karlsruhe unter Grashof und Heinrich Hertz gedachte Herr Zehme immer mit Stolz, besonders gern erinnerte er sich daran, daß er als einer der Ersten den Vorlesungen des Entdeckers der elektrischen Wellen hatte lauschen dürfen.

Den Lebensgang und die berufliche Laufbahn des Verewigten hat ein Freund und Gönner, der frühere Präsident des Reichspostzentralamts, Professor Dr. Strecker, als Berufenster bei dem 25jährigen Jubiläum des Herrn Zehme als Schriftleiter der ETZ im Jahre 1930 geschildert*). Schon als junger Mann bekleidete Herr Zehme namhafte Posten bei der damaligen Sächsischen Maschinenfabrik (Richard Hartmann) in Chemnitz, ferner bei Schuckert in Nürnberg und später bei den Siemens-Schuckertwerken als bevollmächtigter Oberingenieur. Seine besondere Liebe galt der damals in der ersten Entwicklung steckenden elektrischen Zugförderung, und auf diesem Gebiet betätigte er auch frühzeitig seine schriftstellerische Begabung. Neben Aufsätzen in der ETZ veröffentlichte er von 1898 an in dem Buche „Eisenbahntechnik der Gegenwart" die Abschnitte über elektrisches Eisenbahnwesen und 1903 ein eigenes Handbuch aus dem gleichen Gebiet. 1904 habilitierte er sich an der Technischen Hochschule in Berlin für den Bau elektrischer Bahnen. Im Jahre 1905 übernahm er dann als Nachfolger von Gisbert Kapp, der einem Rufe als Professor nach England gefolgt war, die Schriftleitung der ETZ. Diese verantwortliche und arbeitsreiche Stellung als Hauptschriftleiter hat er bis Ende 1934, also nahezu 30 Jahre, bekleidet.

Die Übersicht über das umfangreiche von der ETZ behandelte Gebiet der eigentlichen Elektrotechnik und der Nachbargebiete bedingte eine genaue und fortlaufende Kenntnis des einschlägigen technischen und wissenschaftlichen Schrifttums, also ein unermüdliches Studium der deutschen wie der ausländischen Fachliteratur. Um ständig auf dem laufenden zu bleiben, beschränkte Herr Zehme sich nicht auf das literarische Studium, sondern suchte auch die verschiedenen Betriebe auf, um an Ort und Stelle die neuesten Errungenschaften der Elektrotechnik gründlich kennen zu lernen. Dies alles setzte ihn in den Stand, mit Geistesschärfe, aber stets in taktvoller Form die unaus-

*) ETZ 51 (1930) S. 921.

bleiblichen Auseinandersetzungen mit den Verfassern zu führen. Daneben hat er, gleichsam vorausschauend, einzelne Fachgenossen aufgefordert, bestimmte Zeitfragen zu behandeln. Er sicherte dadurch der Zeitschrift ihren stets aktuellen Wert und die Vollständigkeit in der Behandlung des umfangreichen Stoffes. Bei dieser Auswahl der Verfasser hatte er eine glückliche Hand, er kannte ja auch nicht allein die Betriebsführer genau, sondern ebenso die Spezialisten auf den einzelnen Gebieten. Auf diese Weise hat er durch unausgesetzte Bemühungen und beharrlichen Fleiß — ein Grundzug seines Wesens — das hohe Niveau der ETZ gewahrt, ihr Ansehen in der ganzen Fachwelt sichergestellt und damit zugleich die Weltgeltung der deutschen Elektrotechnik gefördert. Dieses hohe Verdienst wurde im Jahre 1938 durch seine Ernennung zum Ehrenmitglied des VDE gebührend anerkannt. In seinem Danke für die Ehrung auf der VDE-Tagung in Köln hat er offenbart, mit welcher Liebe er an seinem Berufe hing: „Das waren drei Jahrzehnte herrlichen Erlebens; es war ein beglückendes Gefühl, mich in die Gedankenwelt und Ideen der Fachgenossen einzuleben, mit ihnen über das, was sie bewegte, zu sprechen, auch wohl hier und da eine Anregung zu geben . . . .“

Der Entschlafene hat ferner dem „Elektrotechnischen Verein“, dessen eifriges Mitglied er seit 1887 (fast 52 Jahre) gewesen ist, und damit dem VDE sehr gute Dienste geleistet. Jahrzehntelang gehörte er dem Hauptausschuß sowie verschiedenen Fach- und Unterausschüssen des Elektrotechnischen Vereins an. Auf Grund seiner gründlichen Sachkenntnis und seiner vieljährigen Erfahrungen hat er in den Sitzungen durch wohlbegründete und beachtenswerte Vorschläge dem Verein und damit der Fachwelt viel genützt.

Im Ruhestande hat Herr Zehme seine Kenntnisse der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ stets gern weiter zur Verfügung gestellt; dabei ist hervorzuheben, daß ihn ein gewandter und scharf geschliffener Stil auszeichnete. Im Herbst 1938 hatte er ferner die Leitung des „Ausschusses für geschichtliche Arbeiten“ übernommen; er leitete die Abfassung mehrerer Einzeldarstellungen ein und übernahm selbst eine Abhandlung über „Die Entwicklung der elektrischen Zugförderung“, bei deren Fertigstellung der Tod ihm die Feder aus der Hand genommen hat.

Als Mensch zeigte Herr Zehme Zurückhaltung und Bescheidenheit. Sein ganzes Wesen war gediegen und zuverlässig, er wollte mehr sein als scheinen. Sein Charakter war aufrecht, seine Meinung und ganze Art überlegt und fest. Ungeachtet seiner großen Sachlichkeit im Wesen liebte er die Geselligkeit und einen munteren Scherz. In seinen Mußestunden beschäftigte er sich mit der Malerei und hat in ihr Freude und Erholung gefunden.

Alles in allem war der Heimgegangene eine ausgezeichnete Persönlichkeit. Er wird uns allen, die ihn kannten und schätzten, in ehrenvollem Andenken bleiben.

Dr. Arthur Schmidt.

Genaue Ermittlung der vier Leitungsgrößen R, L, C, G aus Leerlauf- und Kurzschlußversuchen.

Von F. Niethammer VDE, Prag.

DK 621.315.011

Übersicht. Zur Ermittlung der wichtigsten Grundgrößen elektrischer Maschinen und Einrichtungen sind Leerlauf- und Kurzschlußmessungen allgemein üblich. Wie diese beiden Messungen bei langen Leitungen zur genauen Bestimmung der vier Leitungsgrößen benutzt werden, soll hier gezeigt werden.

a. Die genaue Ermittlung der vier Leitungsgrößen, Widerstand R, Selbstinduktion L, Kapazität C, Ableitung G, alles je km, für lange Leitungen (Kabel) aus den Leerlauf- und Kurzschlußwerten (Spannung U, Strom I, Leistung N, Index L Leerlauf, Index K Kurzschluß) U_L, I_L, N_L für Leerlauf und U_K, I_K, N_K für Kurzschluß erfordert ziemlich umständliche Rechnungen, die in dem Schrifttum nicht zu finden sind.

Aus der Leerlaufmessung folgt für den Phasenwinkel $\measuredangle (U_L, I_L)$:

$$\varphi_L = \arccos \frac{N_L}{U_L I_L}$$

und der Leerlauf-Scheinwiderstand der ganzen Leitung

$$\mathfrak{W}_L = \frac{\mathfrak{U}_L}{\mathfrak{J}_L} = \frac{U_L}{I_L} e^{j \varphi_L} = W_{Lw} + j W_{Lb}.$$

w ist der Index für Wirkgrößen, b der für Blindgrößen.

Aus der Kurzschlußmessung folgt für den Phasenwinkel $\measuredangle (U_K, I_K)$:

$$\varphi_K = \arccos \frac{N_K}{U_K I_K}$$

und der Kurzschluß-Scheinwiderstand der ganzen Leitung

$$\mathfrak{W}_K = \frac{\mathfrak{U}_K}{\mathfrak{J}_K} = \frac{U_K}{I_K} e^{j \varphi_K} = W_{Kw} + j W_{Kb}.$$

b. Für kurze Probekabel setzt man meist in erster Annäherung, wenn l die Leitungslänge ist:

$$W_K = l \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} \quad \text{und} \quad \operatorname{tg} \varphi_K = \frac{\omega L}{R}$$

$$W_L = \frac{1}{l \sqrt{G^2 + \omega^2 C^2}} \quad \text{und} \quad \operatorname{tg} \varphi_L = \frac{\omega C}{G}.$$

Damit werden die vier Leitungsgrößen

$$R = \frac{W_K}{l} \cos \varphi_K \quad \text{und} \quad \omega L = \frac{W_K}{l} \sin \varphi_K$$

$$G = \frac{\cos \varphi_L}{l W_L} \quad \text{und} \quad \omega C = \frac{\sin \varphi_L}{l W_L}.$$

Die von Breitfeld gegebenen[1]), durch Reihenentwicklung entstandenen Gleichungen sind **nicht** genauer als die hier zuletzt gegebenen Näherungswerte.

Abb. 1. Leerlauf (Ende offen).

c. Die genaue Theorie langer Leitungen ergibt für den **Leerlauf** (Abb. 1) der am Ende, also auf der Verbraucherseite ($x = 0$) **offenen** Leitung von der Länge l am Leitungsanfang, also auf der Generatorseite der Leitung ($x = l$), für Spannung, Strom und Scheinwiderstand, wenn $\mathfrak{U}_0$, $\mathfrak{J}_0$ und $\mathfrak{W}_0 = \mathfrak{U}_0 / \mathfrak{J}_0$ für Spannung, Strom und Scheinwiderstand am Leitungsende ($x = 0$) gelten,

$$\mathfrak{U}_L = \mathfrak{U}_0 \mathfrak{Cof}\, \bar{\gamma} l, \text{ ferner } \mathfrak{J}_L = \frac{\mathfrak{U}_0}{\mathfrak{Z}} \mathfrak{Sin}\, \bar{\gamma} l \text{ und } \mathfrak{W}_L = \frac{\mathfrak{U}_L}{\mathfrak{J}_L} = \frac{\mathfrak{Z}}{\mathfrak{Tg}\, \bar{\gamma} l}, \tag{1}$$

wobei der Wellenwiderstand ist

$$\mathfrak{Z} = \sqrt{\frac{\mathfrak{W}}{\mathfrak{Y}}} = \sqrt{\frac{(R + j \omega L)}{(G + j \omega C)}} = Z_w + j Z_b = Z e^{j \zeta}$$

und die Übertragungskonstante

$$\bar{\gamma} = \sqrt{\mathfrak{W} \mathfrak{Y}} = \sqrt{(R + j \omega L)(G + j \omega C)} = \beta + j \alpha = \gamma e^{j \varepsilon}.$$

[1]) Wechselstrom-Fernleitungen, 2. Aufl. V. S. 29, Vieweg und Sohn, Braunschweig. C. Breitfeld hat sich besonders eingehend mit der vorliegenden Frage befaßt, ohne sie genau zu lösen.

$\mathfrak{W} = R + j\,\omega L$ ist der Scheinwiderstand je km, $\mathfrak{Y} = G + j\,\omega C$ der Scheinleitwert je km. β ist die Dämpfungskonstante, α das Winkelmaß oder die Wellenlängenkonstante.

Abb. 2. Kurzschluß (Ende kurzgeschlossen).

Für den Kurzschluß (Abb. 2) am Leitungsende, also auf der Verbraucherseite $(x = 0)$, gilt in ähnlicher Weise am Leitungsanfang $(x = l)$

$$\mathfrak{U}_K = \mathfrak{J}_0\,\mathfrak{Z}\,\mathfrak{Sin}\,\overline{\gamma}\,l, \text{ ferner } \mathfrak{J}_K = \mathfrak{J}_0\,\mathfrak{Cof}\,\overline{\gamma}\,l \text{ und } \mathfrak{W}_K = \mathfrak{Z}\,\mathfrak{Tg}\,\overline{\gamma}\,l. \tag{2}$$

Aus Gl. (1) und (2) folgt

$$\mathfrak{Z} = \sqrt{\mathfrak{W}_L\,\mathfrak{W}_K} = Z\,e^{j\zeta} \tag{3}$$

oder

$$Z = \sqrt{W_L\,W_K} \text{ und } \zeta = \frac{\varphi_L + \varphi_K}{2}.$$

Ferner ist

$$\mathfrak{Tg}\,\overline{\gamma}\,l = \sqrt{\frac{\mathfrak{W}_K}{\mathfrak{W}_L}} = r_t\,e^{j\vartheta_t}, \tag{3a}$$

worin[2])

$$r_t = \sqrt{\frac{W_K}{W_L}} \text{ und } \vartheta_t = \frac{(\varphi_K - \varphi_L)}{2}.$$

Setzt man

$$\mathfrak{Tg}\,(\overline{\gamma}\,l) = \mathfrak{Tg}\,(A + j\,B) = \mathfrak{Tg}\,(\beta\,l + j\,\alpha\,l),$$

so ergibt sich rechnerisch aus

$$r_t = \sqrt{\frac{\mathfrak{Cof}\,2A - \cos 2B}{\mathfrak{Cof}\,2A + \cos 2B}} \text{ und } \operatorname{tg}\vartheta_t = \frac{\sin 2B}{\mathfrak{Sin}\,2A} \tag{4}$$

$$\mathfrak{Tg}\,2A = \mathfrak{Tg}\,2\beta\,l = \frac{2\cos\vartheta_t}{\frac{1}{r_t} + r_t} \tag{4a}$$

$$\operatorname{tg} 2B = \operatorname{tg} 2\alpha\,l = \frac{2\sin\vartheta_t}{\frac{1}{r_t} - r_t}. \tag{4b}$$

Daraus $\beta\,l$ und $\alpha\,l$ sowie α und β, ferner $\gamma = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}$ und $\operatorname{tg}\varepsilon = \alpha/\beta$.

$A = \beta\,l$ und $B = \alpha\,l$ kann man auch aus einem Tangensrelief zu r_t und ϑ_t oder aus geeigneten Tafeln entnehmen.

Schließlich folgt aus

$$\mathfrak{Z} = \sqrt{\frac{\mathfrak{W}}{\mathfrak{Y}}} = Z\,e^{j\zeta} \text{ und } \overline{\gamma} = \sqrt{\mathfrak{W}\,\mathfrak{Y}} = \gamma\,e^{j\varepsilon}$$

der Wert des Scheinwiderstandes

$$\mathfrak{W} = \mathfrak{Z}\,\overline{\gamma} = Z\,\gamma\,e^{j(\zeta + \varepsilon)} = R + j\,\omega L$$

oder

$$R = Z\,\gamma\cos(\zeta + \varepsilon) \text{ und } \omega L = Z\,\gamma\sin(\zeta + \varepsilon). \tag{5}$$

Ebenso wird der Scheinleitwert

$$\mathfrak{Y} = \frac{\overline{\gamma}}{\mathfrak{Z}} = \frac{\gamma}{Z}\,e^{j(\zeta - \varepsilon)} = G + j\,\omega C$$

oder

$$G = \frac{\gamma}{Z}\cos(\varepsilon - \zeta) \text{ und } \omega C = \frac{\gamma}{Z}\sin(\varepsilon - \zeta). \tag{5a}$$

[2]) Man beachte, daß φ_K und φ_L verschiedene Vorzeichen haben, φ_K ist induktiv und φ_L kapazitiv, so daß $\varphi_K + \varphi_L$ eine Differenz ist.

Die Ausdrücke Gl. (5) und (5a) geben die gesuchten genauen Lösungen für die vier Leitungsgrößen R, L, C, G.

d. Will man die Kurzschlußverluste $N_K = I_{Ke}^2\,R\,l$ und die Leerverluste $N_L = U_{Le}^2\,G\,l$ zur Ermittlung von R und G benutzen, wobei allerdings bei langen Leitungen (Kabeln) in N_K auch ein kleiner Anteil von Ableitungsverlusten $U_{Ke}^2\,G\,l$ und in N_L ein kleiner Anteil von Widerstandsverlusten $I_{Le}^2\,R\,l$ enthalten ist, so benötigt man die Wurzeln aus den quadratischen Mittelwerten I_{Ke} und U_{Le} und für die Korrektur U_{Ke} und I_{Le} je über die ganze Leitungslänge l, so daß, wenn durchweg mit Effektivwerten von Spannung und Strom gerechnet wird, gilt

$$\text{Kurzschlußverlust} \quad N_K = I_{Ke}^2\,R\,l + U_{Ke}^2\,G\,l \tag{6}$$

$$\text{Leerlaufverlust} \quad N_L = U_{Le}^2\,G\,l + I_{Le}^2\,R\,l. \tag{6a}$$

Rechnet man mit x als beliebige Entfernung vom Leitungsende (Verbraucherseite $x = 0$), also mit $x = l$ auf der Generatorseite, so wird

$$I_{Ke} = \sqrt{\frac{1}{l}\int_0^l I_{Kx}^2\,dx} \text{ und } U_{Le} = \sqrt{\frac{1}{l}\int_0^l U_{Lx}^2\,dx}.$$

Dabei ist

$$\mathfrak{J}_{Kx} = \frac{\mathfrak{J}_K}{\mathfrak{Cof}\,\overline{\gamma}\,l}\,\mathfrak{Cof}\,\overline{\gamma}\,x$$

$$= \frac{I_K\,e^{j0}\,e^{j\vartheta_x}\sqrt{(\mathfrak{Cof}\,2\beta x + \cos 2\alpha x):2}}{e^{j\vartheta_l}\sqrt{(\mathfrak{Cof}\,2\beta l + \cos 2\alpha l):2}}.$$

Damit wird in Effektivwerten

$$I_{Ke} = I_K\sqrt{\frac{\left(\frac{1}{2\beta}\,\mathfrak{Sin}\,2\beta l + \frac{1}{2\alpha}\sin 2\alpha l\right)}{l\,(\mathfrak{Cof}\,2\beta l + \cos 2\alpha l)}}. \tag{7}$$

Ebenso ist

$$\mathfrak{U}_{Lx} = \frac{\mathfrak{U}_L}{\mathfrak{Cof}\,\overline{\gamma}\,l}\,\mathfrak{Cof}\,\overline{\gamma}\,x$$

und

$$U_{Le} = U_L\sqrt{\frac{\left(\frac{1}{2\beta}\,\mathfrak{Sin}\,2\beta l + \frac{1}{2\alpha}\sin 2\alpha l\right)}{l\,(\mathfrak{Cof}\,2\beta l + \cos 2\alpha l)}}. \tag{7a}$$

Aus

$$\mathfrak{U}_{Kx} = \frac{\mathfrak{U}_K}{\mathfrak{Sin}\,\overline{\gamma}\,l}\,\mathfrak{Sin}\,\overline{\gamma}\,x$$

$$= \frac{U_K\,e^{j0}\,e^{j\vartheta'_x}\sqrt{(\mathfrak{Cof}\,2\beta x - \cos 2\alpha x):2}}{e^{j\vartheta'_l}\sqrt{(\mathfrak{Cof}\,2\beta l - \cos 2\alpha l):2}}$$

folgt

$$U_{Ke} = U_K\sqrt{\frac{\left(\frac{1}{2\beta}\,\mathfrak{Sin}\,2\beta l - \frac{1}{2\alpha}\sin 2\alpha l\right)}{l\,(\mathfrak{Cof}\,2\beta l - \cos 2\alpha l)}}. \tag{7b}$$

Ebenso ist

$$I_{Le} = I_L\sqrt{\frac{\left(\frac{1}{2\beta}\,\mathfrak{Sin}\,2\beta l - \frac{1}{2\alpha}\sin 2\alpha l\right)}{l\,(\mathfrak{Cof}\,2\beta l - \cos 2\alpha l}}. \tag{7c}$$

Nun kann man das Gleichungspaar (6), (6a) nach R und G lösen.

Zusammenfassung.

Aus den bei Leerlauf und Kurzschluß gemessenen Spannungen, Strömen und Leistungen werden in genauer symbolischer Form die vier Leitungsgrößen R, L, C und G in Gl. (5) und (5a) bestimmt und auch die effektiven Mittelwerte für Ströme und Spannungen über die Leitungslänge ermittelt.

Über die physikalische Deutung der Magnetisierungsvorgänge in ferromagnetischen Werkstoffen.

Von **Martin Kersten**, Berlin.

(Schluß von S. 503.)

DK 538.2

5. Zur Deutung der Anfangspermeabilität.

Die Anfangspermeabilität $\mu_a = \lim_{\substack{\mathfrak{H}\to 0\\ \mathfrak{B}\to 0}} \frac{d\mathfrak{B}}{d\mathfrak{H}}$ bzw. die Anfangssuszeptibilität $\varkappa_a = \lim_{\substack{\mathfrak{H}\to 0\\ \mathfrak{J}\to 0}} \frac{d\mathfrak{J}}{d\mathfrak{H}}$ können in ganz ähnlicher Weise wie die reversible Magnetisierungsarbeit auf die Magnetostriktion und die Eigenspannungen zurückgeführt werden. Je stärker die Elementarmagnete durch die Eigenspannungen in ihren Vorzugslagen festgehalten werden, um so weniger weit können sie durch ein bestimmtes äußeres Feld aus dieser Vorzugslage herausgedreht werden. Eine einfache Rechnung, die keine anderen Grundlagen benötigt als die Ableitung der Beziehungen (2) und (3), liefert in CGS-Einheiten die Anfangssuszeptibilität[24])

$$\varkappa_a = \frac{2}{9}\,\frac{\mathfrak{J}_s^2}{\lambda_s\,\sigma_i}\,. \tag{6}$$

Hier ist allerdings wieder zu beachten, daß (6) eigentlich nur bei sehr starken Eigenspannungen ($\lambda_s\,\sigma_i \gg K$) gelten sollte. Bei sehr kleinen Eigenspannungen übertreffen die kristallographischen Richtkräfte die der Eigenspannungen so stark, daß ein Herausdrehen der Elementarmagnete aus den kristallographischen Vorzugslagern in dem durch (6) gegebenen Ausmaß unmöglich ist. R. Becker hat gezeigt, daß trotzdem die Beziehung (6) auch für den Fall ($\lambda_s\,\sigma_i \ll K$) mit fast gleichem Zahlenfaktor begründet werden kann, wenn man in diesem zweiten Falle an Stelle der reversiblen Drehung der Elementarmagnete einen grundsätzlich anderen Mechanismus für die Magnetisierungsänderungen annimmt, nämlich den von Bloch theoretisch untersuchten Vorgang der „Wandverschiebungen" zwischen benachbarten Weißschen Bezirken[25]).

Dieser Mechanismus, der sich auch für die Deutung der Koerzitivkraft als außerordentlich fruchtbar erwiesen hat, ist in Abb. 5 links oben schematisch dargestellt. Für den Fall $\lambda_s\,\sigma_i \gg K$ ist dort zunächst angedeutet, wie die Magnetisierungsänderungen in schwachen Feldern durch reversible Drehung der gesamten spontanen Magnetisierung der einzelnen Weißschen Bezirke hervorgerufen werden können. Im Falle $\lambda_s\,\sigma_i \ll K$ bleibt die spontane Magnetisierung bei schwachen Feldern jedoch in der kristallographischen Vorzugsrichtung ([100] bei Fe) liegen, die durch die schwachen Eigenspannungen gegenüber den beiden anderen ([010]- und [001]-) Richtungen energetisch ein wenig bevorzugt ist. Magnetisierungsänderungen können nun durch Einwirkung schwacher Felder ohne gleichzeitige Drehung der gesamten spontanen Magnetisierung nach R. Becker nur in der Weise erfolgen, daß die „Wand" zwischen zwei benachbarten Weißschen Bezirken mit verschiedener Richtung der spontanen Magnetisierung unter dem Einfluß des äußeren Feldes so verschoben wird, daß der Bezirk, dessen Magnetisierungsrichtung der Feldrichtung am nächsten liegt, auf Kosten eines benachbarten anderen Bezirkes wächst (vgl. Abb. 5). Die Magnetisierung ändert sich also in diesem Falle nicht durch „Drehungen der Weißschen Bezirke" unter Aufrechterhaltung ihrer Größe, sondern durch Vergrößerung der „günstig" magnetisierten Bezirke auf Kosten der „ungünstig" magnetisierten. Auch bei einer solchen „Wandverschiebung" wird magnetostriktive Arbeit gegen die Eigenspannungen geleistet, da die Magnetisierung in dem von der Wand überstrichenen Gebiet aus einer durch Eigenspannungen energetisch bevorzugten [100]-Richtung (Würfelkante) in eine [010]- oder [001]-Richtung (andere Würfelkante) mit höherem Energieniveau übergeht. Es ist daher qualitativ ohne weiteres verständlich, daß die Beziehung (6) — wie R. Becker nachgewiesen hat[25]) — auch für diesen grundsätzlich anderen Mechanismus, also auch für den Fall $\lambda_s\,\sigma_i \ll K$, mit fast gleichem Zahlenfaktor erhalten bleibt.

$\sigma_i\,\lambda_s \gg K$ $\quad\sigma_i\,\lambda_s \ll K$

$\varkappa_a \approx \frac{2}{9}\,\frac{\mathfrak{J}_s^2}{\lambda_s\,\sigma_i}$

$(\sigma_i)_{min} \approx \lambda_s\,E$

$(\varkappa_a)_{max} \approx \frac{2}{9}\,\frac{1}{E}\left(\frac{\mathfrak{J}_s}{\lambda_s}\right)^2$

λ_s Sättigungsmagnetostriktion; σ_i „Mittelwert" der mechanischen Eigenspannungen; $\mathfrak{J}_s$ Sättigungsmagnetisierung; K (magnetische) „Kristallenergie"; E Elastizitätsmodul; $\varkappa_a$ Anfangssuszeptibilität; $(\varkappa_a)_{max}$ deren „theoretische" Höchstgrenze

Abb. 5. Zur Deutung der Anfangspermeabilität μ_a und ihrer Höchstgrenze $(\mu_a)_{max}$. Reversible Magnetisierungsänderungen durch „Drehungen" (bei $\lambda_s \cdot \sigma_i \gg K$) und durch „Wandverschiebungen" (bei $\lambda_s \cdot \sigma_i \ll K$); K ist die (magnetische) „Kristallenergie".

Nach (6) sollte die Anfangssuszeptibilität allerdings beliebig hoch steigen, wenn die Eigenspannungen σ_i durch eine geeignete Glühbehandlung beseitigt werden. Daß dagegen bestimmte Höchstgrenzen der Anfangssuszeptibilität trotz sorgfältigster Glühbehandlung praktisch nicht überschritten werden können, ist in folgender Weise gedeutet worden[26]): Mit dem Auftreten der spontanen Magnetisierung bei der Abkühlung unter die Curie-Temperatur erscheint gleichzeitig (auch bei Abwesenheit eines äußeren Feldes!) die Magnetostriktion, die eine gegenseitige Verspannung der einzelnen Elementarbereiche bewirkt, wobei im Durchschnitt Eigenspannungen in der Größenordnung $\sigma_i \approx \lambda_s E$ (E Elastizitätsmodul) entstehen. Setzt man diesen Mindestbetrag der „magnetostriktiven Eigenspannungen", die in ferromagnetischen Stoffen im allgemeinen grundsätzlich nicht vermieden

---

[24]) M. Kersten, Z. techn. Phys. 12 (1931) S. 667 (im Anschluß an R. Becker, s. Fußnote 23).

[25]) R. Becker, Z. Phys. 33 (1932) S. 905.

[26]) M. Kersten, Z. techn. Phys. 12 (1931) S. 668.

werden können, in (6) ein, so ergibt sich die maximal erreichbare Anfangssuszeptibilität[26a])

$$(\varkappa_a)_{\max} \approx \frac{2}{9} \cdot \frac{1}{E} \left(\frac{\mathfrak{J}_s}{\lambda_s}\right)^2 \qquad (7)$$

in CGS-Einheiten. Abb. 5 zeigt, wie erstaunlich gut diese Beziehung (7) die Anfangspermeabilität ($\mu_a = 1 + 4\pi\varkappa_a$) vieler Eisen-Nickel-Legierungen quantitativ wiedergibt, wenn man in (7) die gemessenen Zahlenwerte E, $\mathfrak{J}_s$ und λ_s der einzelnen Legierungen einsetzt. Daß diese Deutung in der Umgebung der Zusammensetzung (80 % Ni, 20 % Fe) versagt, ist verständlich, da bei dieser Zusammensetzung die Magnetostriktion λ_s des polykristallinen Werkstoffes durch Null geht. Für diese „Permalloy"-Legierungen mit etwa 80 % Ni konnten die gemessenen Höchstwerte $(\mu_a)_{\max}$ bisher nicht quantitativ gedeutet werden. Entsprechend (7) sind die bisher (absolut) höchsten Anfangspermeabilitäten ($\mu_a \approx 40\,000$ G/Oersted) bei Legierungen mit besonders geringer Magnetostriktion λ_s gemessen worden[27]).

Es muß betont werden, daß die im übrigen unerwartet genaue Bestätigung der Beziehung (7), deren Zahlenfaktor nicht etwa den Versuchsergebnissen angepaßt worden ist, wegen der rohen vereinfachten Grundlagen der Ableitung von (7) bisher nicht ganz verständlich ist. Außer (7) ist auch (6) durch Versuchsergebnisse befriedigend bestätigt worden in dem Sinne, daß die nach (6) aus den gemessenen $\varkappa_a$-Werten berechneten Beträge σ_i der Eigenspannungen mit den aus verschiedenen anderen magnetischen Eigenschaften abgeschätzten σ_i-Werten ungefähr (d. h. höchstens mit gelegentlichen Abweichungen bis zum Faktor 2) übereinstimmen.

Es sei hier kurz bemerkt, daß der mittels (7) für Eisen abgeschätzte Höchstwert der Anfangspermeabilität[28]) ($\mu_a = 10\,000$ bis $15\,000$ G/Oersted erst einige Jahre nach der Veröffentlichung dieser Abschätzung[26]) durch eine besonders sorgfältige Glühbehandlung von Cioffi auch praktisch erreicht worden ist[29]). Daß dies bisher nur mit sehr kostspieligen Laboratoriumsverfahren an kleinen Mengen gelingt, ist von wesentlicher technischer Bedeutung. Bei der Herstellung des Eisens und der für die technische Anwendung wichtigen eisenreichen Legierungen (z. B. Fe-Si) können anscheinend bestimmte starke Eigenspannungen durch irgendwelche Gitterstörungen oder Verunreinigungen bisher mit technisch wirtschaftlichen Mitteln nicht vermieden werden. Die Eigenspannungen haben zur Folge, daß die technisch ausnutzbare Anfangspermeabilität höchstens etwa $^1/_{10}$ der aus (7) theoretisch abgeschätzten und im Laboratorium erreichten Höchstgrenze beträgt. Diese Anschauung wird quantitativ gestützt durch eine Untersuchung von T. Soller, der an rekristallisiertem Siliziumeisen durchschnittliche Eigenspannungsbeträge von etwa $\sigma_i = 4$ bis 6 kg/mm² bestimmt hat[29]). Auf das Meßverfahren von Soller, das von den oben erörterten Beziehungen [z. B. (6)] völlig unabhängig ist, kann hier nicht eingegangen werden. Es sei aber darauf hingewiesen, daß die von Soller gemessenen Beträge $\sigma_i = 4$ bis 6 kg/mm² nach (6) die „theoretische" Anfangspermeabilität μ_a ($= 1 + 4\pi\varkappa_a$) $= 700$ bis 1000 G/Oersted liefern, die mit den besten technischen Werten des Siliziumeisens befriedigend übereinstimmt. Aus der gemessenen Magnetisierungsarbeit in der [100]-Richtung von Eisen wurde früher ebenfalls die Größenordnung 10 kg/mm² für diese „natürlichen" Eigenspannungen des technischen Eisens abgeschätzt[29a]). Sobald es gelingt, diese „natürlichen" Eigenspannungen im technischen Eisen auch mit wirtschaftlichen Verfahren wesentlich herabzusetzen, kann die Anfangspermeabilität des Eisens auf ähnlich hohe Beträge gesteigert werden, wie wir sie heute nur bei Anwendung von Eisen-Nickel-Legierungen in technischem Maßstab erreichen. Die Versuche in dieser Richtung werden durch die hier nur kurz skizzierten Überlegungen zur Deutung der Anfangspermeabilität natürlich wesentlich unterstützt.

6. Zur Deutung der Koerzitivkraft.

Die Koerzitivkraft der normalen ferromagnetischen Werkstoffe stellt einen Mittelwert der verschiedenen Feldstärken dar, bei denen in den einzelnen kleinen Teilgebieten des Werkstoffes die zuerst von Barkhausen beobachteten unstetigen Magnetisierungsänderungen ablaufen. Die für den „Barkhausen-Sprung" eines bestimmten Teilgebietes notwendige Spungfeldstärke hängt nach experimentellen Erfahrungen irgendwie vom Betrage und der räumlichen Verteilung der Eigenspannungen in diesem Teilgebiet ab. Die nach Betrag und Richtung stark schwankenden Eigenspannungen sind jedoch einer Messung im allgemeinen nicht zugänglich, so daß man aus der Untersuchung der kleinen Barkhausen-Sprünge einer normalen Hystereseschleife kaum einen eindeutigen experimentellen Befund über den Zusammenhang zwischen Sprungfeldstärke und mechanischen Spannungen gewinnen kann.

Wesentlich besser eignen sich für derartige grundsätzliche Untersuchungen die rechteckförmigen Hystereseschleifen, die zuerst Preisach an dünnen Eisen-Nickel-Drähten gefunden hat, die einem hinreichend starken Zug in der Feldrichtung ausgesetzt werden (vgl. Abb. 2 d)[29b]). Die Ummagnetisierung wird in diesem Falle durch einen einzigen großen Barkhausen-Sprung[30]) im Betrage $2\mathfrak{J}_s$ herbeigeführt. An die Stelle der nicht genau meßbaren Eigenspannungen tritt dabei die der Messung gut zugängliche, von außen angelegte Zugspannung σ, so daß ein Vergleich der gemessenen Hystereseschleife mit irgendwelchen theoretischen Aussagen über den Einfluß einer homogenen mechanischen Verspannung auf die Koerzitivkraft leicht durchgeführt werden kann. Außerdem bietet diese „Rechteckschleife" eine geradezu ideale Möglichkeit zur Untersuchung der verschiedenartigen Vorgänge, die am Zustandekommen der großen Barkhausen-Sprünge beteiligt sind.

Die vielseitigen experimentellen Befunde über die Eigenschaften der Rechteckschleife weisen darauf hin, daß jeder Versuch zur Deutung der Koerzitivkraft davon ausgehen muß, die Magnetisierungsvorgänge der rechteckförmigen Hystereseschleife zu erklären. Die weitere Aufgabe, die theoretischen Aussagen über die Rechteckschleife durch geeignete Mittelungen auf die normale Hystereseschleife mit vielen kleinen Barkhausen-Sprüngen bzw. Rechteckschleifen zu übertragen, ist dagegen zunächst von untergeordneter Bedeutung.

Eine rechteckförmige Hystereseschleife, die an einem Draht aus einer Eisen-Nickel-Legierung (60 % Ni) bei $\sigma = 15$ kg/mm² gemessen wurde, ist in Abb. 6 wiedergegeben. Nach Versuchen von Sixtus und Tonks[31]) läßt sich das Zustandekommen einer solchen Hystereseschleife in folgender Weise kurz beschreiben (s. Abb. 6).

Ein Draht aus einer geeigneten Eisen-Nickel-Legierung mit positiver Magnetostriktion wird einem hinreichend starken Zug σ ausgesetzt, so daß im ganzen Draht eine energetische Vorzugslage in der Zugrichtung entsteht. Im jungfräulichen Ausgangszustand 1 (siehe Skizze in Abb. 6) sind etwa ebenso viele Elementarbereiche nach links wie nach rechts magnetisiert, so daß die resultierende Magnetisierung $\mathfrak{J} = 0$ besteht. Durch ein hinreichend starkes Feld werden alle zunächst zum Feld

---

[26a]) Siehe Fußnote 26.

[27]) Vgl. O. v. Auwers u. H. Neumann, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 14 (1935) S. 93; qualitative theoretische Vermutungen in dieser Richtung, ohne Berücksichtigung der spontanen Magnetisierung, s. bei L. W. McKeehan, Phys. Rev. 26 (1925) S. 274; vgl. ferner R. Becker, wie Fußnote 23.

[28]) Wegen der Anisotropie der Magnetostriktion ist diese Abschätzung bei Eisen besonders unsicher. Mit $\lambda_s = 2 \cdot 10^{-5}$ in der [100]-Richtung ergibt (7) ungefähr $\mu_a = 10\,000$ G/Oersted.

[29]) P. P. Cioffi, Phys. Rev. 45 (1934) S. 742; T. Soller, Z. Phys. 106 (1937) S. 495.

[29a]) Siehe Fußnote 21.

[29b]) Siehe Fußnote 12.

[30]) Ähnliche „große" Barkhausen-Sprünge hatte schon früher M. R. Forrer an Nickel unter Biegung gefunden; vgl. Fußnote 19.

[31]) K. Sixtus u. L. Tonks, Phys. Rev. 37 (1931) S. 930 und weitere Arbeiten ebenda.

gegenparallelen Elementarbezirke in die Feldrichtung „umgeklappt", so daß die Sättigungsmagnetisierung $\mathfrak{J}_s$ (Zustand 2) erreicht wird. Dieser Zustand bleibt nach dem experimentellen Befund erhalten, wenn das Feld wieder abgeschaltet und mit geringer Stärke sogar in entgegengesetzter Richtung (nach rechts) wieder eingeschaltet wird. Erst nachdem eine bestimmte „Koerzitivkraft" $\mathfrak{H}_c$ ($= \mathfrak{H}_s$ in Abb. 6) erreicht ist, ändert die Magnetisierung ihre Richtung in einen einzigen großen Barkhausen-Sprung plötzlich um 180° (Zustand 5).

Abb. 6. Rechteckförmige Hystereseschleife eines Eisennickeldrahtes unter der Zugspannung σ. Schematische Darstellung der Magnetisierungszustände *1* bis *5*. „Kritische Feldstärke" $\mathfrak{H}_0$ und „Startfeldstärke" $\mathfrak{H}_s$.

Die genauere experimentelle Analyse dieser rein irreversiblen Magnetisierungsänderung durch Sixtus und Tonks hat nun ergeben, daß man den Barkhausen-Sprung schon bei geringeren Feldstärken als $\mathfrak{H}_c$ künstlich auslösen kann, wenn man an einer beliebigen Stelle des Drahtes durch ein örtlich begrenztes Zusatzfeld $\mathfrak{H}_k$ einen Ummagnetisierungskeim herstellt (Abb. 6, Zustand 3). Von einem solchen Keim aus „startet" eine Ummagnetisierungswelle, die sich mit einer vom Betrage des äußeren Feldes abhängigen, gut meßbaren Geschwindigkeit (z. B. 1 bis 1000 m/s) durch den ganzen Draht fortpflanzt. Die „Selbstauslösung" der Ummagnetisierungswelle bei der „Startfeldstärke" $\mathfrak{H}_s$ ($= \mathfrak{H}_c$) wird nach diesem Befund offenbar durch einen „natürlichen" Keim bewirkt, der an irgendeiner günstig ausgebildeten Störstelle des Werkstoffes entstehen kann. Ein Augenblicksbild des Ummagnetisierungsvorganges ist in Abb. 6 (Zustand 4) schematisch skizziert. Der rechte Teil des Drahtes ist dort noch gegenparallel zum Feld magnetisiert, der linke Teil schon parallel. Die „Wand" zwischen den beiden gegenparallel magnetisierten Gebieten breitet sich mit endlicher, im wesentlichen durch Wirbelstrombildung geregelter Geschwindigkeit nach rechts aus, bis der gesamte Draht parallel zum äußeren Feld magnetisiert ist. Dabei wird für Abb. 6 angenommen, daß der Ummagnetisierungskeim am linken Drahtende entstanden ist und dort die „irreversible" Wandverschiebung ausgelöst hat.

Auf Grund dieser Versuchsergebnisse steht demnach fest, daß der Barkhausen-Sprung nicht etwa als ein gleichzeitiges „Umklappen" der gesamten spontanen Magnetisierung eines Weißschen Bezirkes um 180° aufgefaßt werden darf.

Der für die Deutung der Koerzitivkraft grundlegende experimentelle Befund von Sixtus und Tonks besteht nun darin, daß auch bei Anwesenheit von natürlichen oder künstlichen Ummagnetisierungskeimen in jedem Falle zur Fortpflanzung der Barkhausenwelle mindestens eine bestimmte „kritische" Feldstärke $\mathfrak{H}_0$ erforderlich ist. Bei kleineren Feldstärken ($\mathfrak{H} < \mathfrak{H}_0$) kann die Fortpflanzung der Welle durch den ganzen Draht auch durch künstliche Keime nicht erzwungen werden.

Zur Deutung der Koerzitivkraft muß daher zunächst versucht werden, die zum Ablauf des Barkhausen-Sprunges mindestens notwendige kritische Feldstärke $\mathfrak{H}_0$ auf bestimmte Werkstoffgrößen, z. B. die Eigenspannungen, zurückzuführen. Die Lösung dieser Aufgabe setzt eine genaue Kenntnis der Beschaffenheit der „Wände" zwischen gegenparallel magnetisierten Gebieten (vgl. Abb. 6, Zustand 4) voraus.

Es ist energetisch nicht möglich, daß die spontane Magnetisierung plötzlich von einem Atom zum nächst benachbarten um 180° springt. Die Erzeugung einer derart scharfen Wand würde einen außerordentlich hohen Energieaufwand erfordern, da eine solche Gegenparallelstellung benachbarter Elektronenspins den sehr starken Austauschkräften entgegenwirken würde, die nach Heisenberg gerade die Parallelstellung, also die spontane Magnetisierung, energetisch stark begünstigen.

Diese energetische Schwierigkeit wird vermieden, wenn man mit Bloch annimmt[32]), daß die Wand eine Zwischenschicht mit der endlichen Dicke δ darstellt, in der die Elektronenspins ihre Richtung von der einen Seite der Wand zur anderen Seite über viele Atomabstände hin allmählich um insgesamt 180° drehen. In diesem Falle besteht zwischen benachbarten Spins noch angenähert Parallelität. Die durch die Austauschkräfte bewirkte freie Energie der Wand nimmt nach diesen Vorstellungen mit wachsender Wanddicke ab. Einer beliebig starken „Verdickung" der Wand wirken jedoch die magnetischen Anisotropiekräfte entgegen. Je dicker die Wand wird, um so mehr Elektronenspins müssen aus der energetisch bevorzugten Drahtachse und Zugrichtung unter Aufwand von magnetostriktiver Arbeit gegen den äußeren Zug σ herausgedreht werden. Daher besteht eine stabile („Halbwerts"-)Dicke δ der Wand, bei der die gesamte Energie der Wand, die sich aus der „Austauschenergie" und der „Anisotropieenergie" zusammensetzt, ein Minimum erreicht. Die entsprechende „stabile" Gesamtenergie der Wand läßt sich im üblichen Sinne als Oberflächenenergie (z. B. gemessen in erg/cm²) darstellen.

Der experimentelle Befund der kritischen Feldstärke kann nun nach Bloch in folgender Weise zunächst qualitativ beschrieben werden:

Die Verschiebung der Wand zwischen den gegenparallel magnetisierten Teilgebieten des Drahtes ist ohne Arbeitsaufwand, also bei beliebig kleiner Feldstärke, nur dann möglich, wenn bei dieser Verschiebung die Oberflächenenergie der Wand nicht zunimmt. Dagegen erfordert die Verschiebung der Wand eine endliche Feldstärke, wenn dabei eine Zunahme der Wandenergie durch die dem äußeren Feld entnommene potentielle Energie gedeckt werden muß.

Um zu quantitativen Beziehungen zu gelangen, müssen wir genauer berücksichtigen, wie die Energie der Wand von bestimmten Werkstoffgrößen abhängt.

Auf Grund der hier geschilderten Vorstellungen liefert eine einfache Rechnung[33]) die Oberflächenenergie

$$\gamma = 2a\sqrt{A\left(\frac{3}{2}\lambda_s\sigma + bK\right)} \tag{8}$$

und die mittlere Wanddicke

$$\delta = a\sqrt{\frac{A}{\frac{3}{2}\lambda_s\sigma + bK}}. \tag{9}$$

Hierin bedeuten a die Gitterkonstante (Atomabstand) und A das Austauschintegral, bezogen auf die Volumeneinheit (in erg/cm³). Der Energiebetrag A kann nach Heisenberg angenähert aus der Curie-Temperatur berechnet werden[33]). b ist ein Zahlenfaktor in der Größenordnung 1, dessen Bedeutung für das Folgende nicht wesentlich ist, K die oben näher definierte „Kristall-

[32]) F. Bloch, Z. Phys. 74 (1932) S. 326.
[33]) M. Kersten, in „Probleme der Technischen Magnetisierungskurve" (herausgegeben von R. Becker), Berlin 1938, Seite 51; im Anschluß an F. Bloch (Fußnote 32) und an E. Kondorski, Sowjet Phys. 11 (1937) S. 597.

energie". Die Beziehungen (8) und (9) enthalten also nur Größen, die durch Messungen ermittelt werden können.

Mit den praktisch möglichen Zugspannungen σ liefern (8) und (9) für verschiedene magnetische Werkstoffe etwa die Größenordnungen

$$\gamma = 0{,}1 \text{ bis } 10 \text{ erg/cm}^2,$$
$$\delta = 30 \text{ bis } 3000 \text{ Atomabstände.}$$

Döring hat kürzlich gezeigt[34]), daß die Oberflächenenergie γ unabhängig von der Beziehung (8) aus Versuchsergebnissen von Sixtus über die Wachstumsbedingungen der Ummagnetisierungskeime entnommen werden kann, und daß diese experimentell ermittelten Zahlenwerte von γ unerwartet gut übereinstimmen mit den aus (8) berechneten Zahlenwerten. Diese erfolgreiche experimentelle Bestätigung der Beziehung (8) bildet eine wesentliche Stütze unserer weiteren Betrachtungen über die Deutung der Koerzitivkraft.

Abb. 7. Zur Deutung der kritischen Feldstärke $\mathfrak{H}_0$ und der Koerzitivkraft $\mathfrak{H}_c$. Einfluß der „Wellenlänge" l der Spannungsschwankungen und der Dicke δ der „Wände" zwischen antiparallel magnetisierten Weißschen Bezirken. Zahlenwerte für Nickel (als Beispiel).

Wenn die Ummagnetisierung im Sinne der Versuche von Sixtus und Tonks an einem „idealen" Einkristall (unter dem Zug σ) beobachtet werden könnte, der völlig frei ist von irgendwelchen Inhomogenitäten des Kristallgitters, so wäre nach den hier geschilderten Vorstellungen kein endlicher Arbeitsaufwand zum Verschieben der Wände, also zur Ummagnetisierung erforderlich, da alle in (8) eingehenden Werktoffgrößen bei jeder beliebigen Verschiebung der Wände unverändert bleiben würden. Die kritische Feldstärke $\mathfrak{H}_0$ würde also verschwinden.

Infolge der praktisch unvermeidlichen verschiedenartigen Gitterstörungen muß man jedoch annehmen, daß im allgemeinen die drei maßgebenden Werkstoffgrößen A, σ und $b K$ örtlich schwanken, so daß auch die Wandenergie γ beim Verschieben der Wand steigt oder fällt.

Da sich die Eigenspannungen σ_i dem homogenen, von außen angelegten Zug überlagern, ist insbesondere die Gesamtspannung σ örtlichen Schwankungen um etwa $\pm \sigma_i$ unterworfen. Diese Schwankungen der Spannung σ bedingen nach (8) entsprechende Änderungen der Wandenergie γ, wenn die Wand durch das äußere Feld $\mathfrak{H}$ über die einzelnen „Spannungsberge" hinweggeschoben wird.

Abb. 7 soll diese Vorgänge bei Verschiebung der Wand über bestimmte schematisch vereinfachte Spannungsberge näher erläutern. Abb. 7 a zeigt zunächst noch einmal das Augenblicksbild der Wandverschiebung während des Barkhausen-Sprunges. In Abb. 7 b ist für diesen Fall die Spannung σ in Abhängigkeit von einer zur Wand senkrechten Verschiebungsrichtung x aufgetragen. In dieser Skizze sind der homogenen von außen angelegten Zugspannung zwei einfache Spannungsberge mit der Höhe $\Delta\sigma$ überlagert. Die Wand mit der Dicke δ wird nun durch das Feld $\mathfrak{H}$ von links nach rechts verschoben. Solange die Spannung σ konstant bleibt, genügt für diese Verschiebung ein beliebig schwaches Feld $\mathfrak{H}$. Gelangt die Wand jedoch an einen Spannungsbuckel, etwa in der Umgebung einer Werkstoffverunreinigung, so muß die Wandenergie γ bei der Überwindung dieses Spannungbuckels auf Kosten der dem Feld $\mathfrak{H}$ entnommenen Energie $[2\mathfrak{H}\mathfrak{J}_s\,\mathrm{d}x = (\partial\gamma/\partial x)\mathrm{d}x]$ erhöht werden. Die Überwindung eines Spannungsbuckels erfordert daher — wie E. Kondorski im Anschluß an Bloch gezeigt hat[34a]) — mindestens die kritische Feldstärke

$$\mathfrak{H}_0 = \frac{3}{4}\,\frac{\lambda_s\,\delta}{\mathfrak{J}_s}\left(\frac{\partial\sigma}{\partial x}\right)_{\max}. \tag{10}$$

Nach Überwindung des Spannungsgradienten $(\partial\sigma/\partial x)_{\max}$ liefert $\mathfrak{H}_0$ ein „Überschußfeld", das die Wandverschiebung als Barkhausen-Sprung irreversibel unter Entwicklung von Wirbelstromwärme durch den gesamten Draht weitertreibt, falls nicht an anderen Stellen des Drahtes größere Spannungsgradienten im Wege stehen, deren Überwindung höhere kritische Feldstärken erfordert. Für die „makroskopische" kritische Feldstärke der rechteckförmigen Hystereseschleife sind demnach die größten im Draht vorhandenen Spannungsgradienten maßgebend.

Die Beziehung (10), nach der die kritische Feldstärke dem jeweils größten Spannungsgradienten proportional ist, gilt allerdings nur unter der von Kondorski allein vorausgesetzten Annahme, daß die Wanddicke δ kleiner ist als die „Wellenlänge" l des Spannungsbuckels. Diese Bedingung ($l > \delta$) ist bei Abb. 7 b nur für den rechts angedeuteten Spannungsberg erfüllt. Da die Wanddicke δ nach (9) mehr als 1000 Atomabstände erreichen kann, wird es mindestens bei feindispersen Gitterstörungen praktisch vorkommen, daß bei der Wandverschiebung Spannungsbuckel überschritten werden, deren „Wellenlänge" l kleiner ist als die Wanddicke δ. In diesem von Kondorski nicht berücksichtigten Falle $l < \delta$ gilt (10) nicht mehr. Wenn wir den in Abb. 7 angenommenen einfachen linearen Spannungsverlauf zugrunde legen, erhalten wir für den Fall $l < \delta$ (linker schmaler Spannungsberg in Abb. 7 b) die kritische Feldstärke[35])

$$\mathfrak{H}_0 \approx \frac{1}{2}\,\frac{\lambda_s\,\Delta\sigma}{\mathfrak{J}_s}\,\frac{l}{\delta} \quad (\text{für } l < \delta). \tag{11}$$

Die entsprechende Beziehung für den rechten Spannungsbuckel ($l > \delta$) in Abb. 7 b lautet nach (10)

$$\mathfrak{H}_0 = \frac{3}{2}\,\frac{\lambda_s\,\Delta\sigma}{\mathfrak{J}_s}\,\frac{\delta}{l} \quad (\text{für } l > \delta). \tag{12}$$

Auf die Zahlenfaktoren in (11) und (12) ist selbstverständlich kein Gewicht zu legen, da sie von der speziell angenommenen Gestalt der wirksamen Spannungsschwankung abhängen. Bei sinusförmigen Schwankungen erhält man beispielsweise in (12) $3\pi/4$ statt 3/2.

Abb. 7 c zeigt die praktische Bedeutung der Beziehungen (11) und (12). Dort ist die kritische Feldstärke in Abhängigkeit von l/δ, also vom Verhältnis der „Wellenlänge" der Spannungsschwankungen zur Dicke der Wand, nach (11) und (12) aufgetragen. Dabei sind als Beispiel die Zahlenwerte $|\lambda_s| = 3{,}6\cdot 10^{-5}$, $\mathfrak{J}_s = 500$ CGS-Einheiten und $\Delta\sigma = 1\ \mathrm{kg/mm^2}$ ($= 10^8\ \mathrm{dyn/cm^2}$) gewählt worden. Diese Zahlenwerte gelten für einen Nickelstab, der zur Erzielung einer angenähert rechteckförmigen Hystereseschleife einem hinreichend starken Längsdruck[36]) (vgl. Abb. 7 a) ausgesetzt wird, und dessen Eigenspannungen etwa um den Betrag $\Delta\sigma \approx \sigma_i = \pm 1\ \mathrm{kg/mm^2}$ schwanken.

[34]) W. Döring, Z. Phys. 108 (1938) S. 137.

[34a]) Siehe Fußnote 33.

[35]) M. Kersten, wie Fußnote 33, S. 56.

[36]) Eine rechteckförmige Hystereseschleife entsteht, wenn $\lambda_s\,\sigma > 0$, d. h. bei $\lambda_s > 0$ durch Zug ($\sigma > 0$), bei $\lambda_s < 0$ (z. B. bei Nickel) durch Druck ($\sigma < 0$) in der Feldrichtung.

Abb. 7 c und die Beziehungen (11) und (12) zeigen nun, daß die kritische Feldstärke, die wegen der Anwesenheit natürlicher Ummagnetisierungskeime in den „normalen" Werkstoffen oft der Koerzitivkraft sehr nahe kommt, den Spannungsschwankungen $\Delta\sigma$ proportional ist. Außerdem erreicht $\mathfrak{H}_0$ bei einem vorgegebenen Betrage $\Delta\sigma$ dann einen Höchstwert, wenn die Wellenlänge l der Spannungsschwankungen ungefähr mit der Wanddicke δ übereinstimmt. Während im Rahmen unserer theoretischen Vorstellungen für die reversible Magnetisierungsarbeit und die Anfangspermeabilität im wesentlichen nur der Betrag der Eigenspannungen maßgebend ist, hängt also die Koerzitivkraft darüber hinaus noch von der „Wellenlänge" der Eigenspannungen ab.

Auf Grund vieler Erfahrungen hatte man schon früher vermutet, daß außer dem Betrage der Eigenspannungen auch deren Dispersitätsgrad, d. h. — in unserem Sinne — deren Wellenlänge l, für die Koerzitivkraft maßgebend ist. Die Frage nach dem Betrage einer solchen „kritischen" Wellenlänge l und nach ihren Bestimmungsgrößen konnte jedoch allein durch die Versuchsergebnisse bisher nicht beantwortet werden. Die hier geschilderten Anschauungen haben nun die Auffassung nahegelegt, daß die in bezug auf die Koerzitivkraft kritische Wellenlänge l der Eigenspannungen jeweils ungefähr gleich der Dicke δ der Wand angenommen werden darf. Je nach der Zusammensetzung und dem Spannungszustand des Werkstoffes liegt die kritische Wellenlänge nach (9) etwa zwischen den Grenzen $\delta = 30$ bis 3000 Atomabstände $\hat{=} 10^{-6}$ bis 10^{-4} cm.

Nach Überlegungen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, wäre zu erwarten, daß die Beziehungen (11) und (12) wenigstens größenordnungsmäßig auch die normale Koerzitivkraft $\mathfrak{H}_c$ des nicht homogen verspannten Werkstoffes wiedergeben, wenn $\Delta\sigma$ sinngemäß durch die oben definierte Größe σ_i (vgl. S. 502) ersetzt wird. Für eine solche Abschätzung kann man (11) und (12) zusammenfassen in

$$\mathfrak{H}_c = c\,\frac{\lambda_s \sigma_i}{\mathfrak{J}_s}\;\frac{\frac{l}{\delta}}{1+\left(\frac{l}{\delta}\right)^2}\,,\quad \left(\frac{l}{\delta}\ \text{beliebig}\right), \tag{13}$$

mit dem Zahlenfaktor $c \approx 1$. Für $l \ll \delta$ und $l \gg \delta$ geht (13) in (11) bzw. (12) über. Abb. 7 c gibt ungefähr eine Darstellung der Beziehung (13) für $\mathfrak{H}_0 \approx \mathfrak{H}_c = \varphi\,(l/\delta)$, wenn die Zahlenwerte λ_s und $\mathfrak{J}_s$ für Nickel und $|\sigma_i| \approx \Delta\sigma = 1\ \text{kg/mm}^2$ in (13) eingesetzt werden.

Ein quantitativer Vergleich der Beziehung (13) mit Versuchsergebnissen wird dadurch erschwert, daß die Wellenlänge l der Spannungsschwankungen bisher nicht gemessen werden kann. In folgenden Grenzen ist jedoch eine Prüfung der Beziehung (13) durch Versuche schon jetzt möglich: Wenn in verschiedenen Werkstoffen mit stark voneinander abweichenden Zahlenwerten für λ_s und $\mathfrak{J}_s$ jeweils mit vielen verschiedenen Verfahren (plastische Verformung durch Walzen, Recken, Ziehen, Hämmern; Ausscheidungshärtung mit verschiedener Wärmebehandlung) Eigenspannungen erzeugt werden, so wird es wenigstens bei einem Teil dieser Werkstoffe und Verfahren gelingen, ungefähr die jeweils kritische Wellenlänge $l \approx \delta$ der Eigenspannungen zu erreichen. Es ist daher zu prüfen, ob die gemessenen Koerzitivkräfte in manchen Fällen den „theoretischen Höchstwert"

$$(\mathfrak{H}_c)_{\max} \approx \frac{\lambda_s \sigma_i}{2\,\mathfrak{J}_s} \tag{14}$$

für $l \approx \delta$ ungefähr erreichen, ihn jedoch in anderen Fällen merklich unterschreiten. Hierbei sind in (14) die gemessenen Größen λ_s, $\mathfrak{J}_s$ und der aus verschiedenen magnetischen Messungen (z. B. aus der reversiblen Magnetisierungsarbeit) ermittelte Betrag σ_i einzusetzen. Für Nickel, das besonders oft untersucht worden ist, ergibt (14) zahlenmäßig

$$(\mathfrak{H}_c)_{\max} \approx 3{,}5 \cdot \frac{\sigma_i}{\text{kg/mm}^2}\ \text{Oersted.} \tag{15}$$

Frühere Versuchsergebnisse an Nickel stimmen fast genau mit (15) überein, falls die Eigenspannungen durch freies plastisches Recken des rekristallisierten Drahtes hergestellt wurden. Reckt man bis zum Riß bei etwa 60 kg/mm² Zugspannung, so erhält man — wie oben erwähnt — $\sigma_i \approx 10\ \text{kg/mm}^2$ und in (zufällig!) genauer Übereinstimmung mit (15) $\mathfrak{H}_c = 30$ bis 40 Oersted. Walzen und Ziehen ergibt dagegen bei Nickel anscheinend größere Abweichungen von der „kritischen" Wellenlänge $l \approx \delta$, da $\mathfrak{H}_c$ bei diesen Verformungsarten etwa um den Faktor 1/2 bis 1/5 unter dem Höchstwert nach (15) bleibt[37]).

Die Koerzitivkräfte der guten Dauermagnete ($\mathfrak{H}_c = 100$ bis 1000 Oersted) werden durch (14) größenordnungsmäßig richtig wiedergegeben, wenn man für σ_i die technische Zerreißfestigkeit einsetzt[37]). Man darf wohl annehmen, daß für diese Werkstoffe im Laufe ihrer Entwicklung angenähert die jeweils technisch günstige „kritische" Wellenlänge erreicht worden ist. Der ausgeprägte Höchstwert der Koerzitivkraft im Verlaufe von Aushärtungsvorgängen (s. Abb. 2 c) kann nach unseren Vorstellungen dadurch erklärt werden, daß sich das Verhältnis l/δ mit fortschreitender Aushärtung stetig ändert und etwa bei dem Werkstoffzustand mit höchster Koerzitivkraft die „kritische Dispersion" $l \approx \delta$ durchläuft.

Aus (13) kann ohne weiteres entnommen werden, welche technischen Maßnahmen und welche Werkstoffauswahl im Sinne unserer theoretischen Vorstellungen eine möglichst hohe oder möglichst geringe Koerzitivkraft ergeben müßten. Entsprechend dem Höchstwert der Anfangssuszeptibilität [Gl. (7)] liefern allerdings die magnetostriktiven Mindestspannungen $(\sigma_i)_{\min} \approx \lambda_s E$ nicht ohne weiteres eine theoretische untere Grenze der Koerzitivkraft. Mit $\sigma_i \approx \lambda_s E$ ergibt (13) für eine solche untere Grenze

$$(\mathfrak{H}_c)_{\min} \approx \frac{\lambda_s^2 E}{\mathfrak{J}_s}\;\frac{\frac{l}{\delta}}{1+\left(\frac{l}{\delta}\right)^2}\,. \tag{16}$$

Nach (16) wäre es theoretisch möglich, auch bei vorgegebenen Größen λ_s, E und $\mathfrak{J}_s$ beliebig kleine Koerzitivkräfte zu erreichen, wenn die Werkstoffbehandlung so gewählt werden könnte, daß die Wellenlänge l der Eigenspannungen beliebig stark von der Wanddicke δ abweichen würde. Diese Abweichungen betragen jedoch nach bekannten Versuchsergebnissen anscheinend selten mehr als etwa den Zahlenfaktor 10 bzw. 1/10, so daß der beliebig starken Herabsetzung der Koerzitivkraft allein durch werkstofftechnische Beeinflussung des Faktors $\frac{l/\delta}{1+(l/\delta)^2}$ wohl bestimmte praktische Grenzen gesetzt sind, deren Ursachen noch näher untersucht werden müssen. Entsprechend (13) und (16) ergeben bekanntlich Legierungen mit besonders geringer Magnetostriktion (z. B. Permalloy: 78,5 % Ni, 21,5 % Fe) auch sehr kleine Koerzitivkräfte. Nach (14) ist es insbesondere verständlich, daß solche Legierungen selbst nach starker Kaltverformung verhältnismäßig kleine Höchstwerte $(\mathfrak{H}_c)_{\max}$ annehmen.

Die bisher vorliegenden Erfahrungen sprechen dafür, daß die Beziehung (13) die wirklichen Zusammenhänge mindestens angenähert richtig zum Ausdruck bringt. Die hier kurz zusammengefaßten neueren Anschauungen über das Zustandekommen der Koerzitivkraft bedürfen allerdings noch einer ausgedehnten weiteren Prüfung durch geeignete Versuche.

Zusammenfassung.

Zur besseren Übersicht sind die wichtigsten, im Aufsatz erörterten theoretischen Beziehungen in Abb. 1 unmittelbar in die Hystereseschleife des plastisch gereckten Nickeldrahtes eingetragen. Hierbei ist auch eine Abschätzungsformel für die Hystereseverluste angegeben,

[37]) Vgl. z. B. M. Kersten, wie Fußnote 33, S. 42, 58 u. 67.

für die näherungsweise der Ansatz $U_h \approx 4 \times$ Remanenz $\times$ Koerzitivkraft zugrunde gelegt wurde. Da auch die technisch nutzbare Energie der Dauermagnete näherungsweise dem Produkt aus Remanenz und Koerzitivkraft verhältnisgleich ist, werden sowohl diese Energie als auch die Hysteresearbeit U_h proportional dem Ausdruck $\lambda_s \sigma_i \frac{l/\delta}{1+(l/\delta)^2}$. Hieraus folgen ohne weiteres die „theoretischen Hinweise" für die Herstellung guter Dauermagnete bzw. hysteresearmer Werkstoffe.

Es sei noch einmal darauf hingewiesen, daß auf viele, auch wichtige Einzelheiten, Bedenken und experimentelle Stützen nicht eingegangen werden konnte, um die wesentlichsten Gesichtspunkte dieser etwas verwickelten Zusammenhänge besser hervorheben zu können. Aus diesem Grunde wurde nur die Deutung der „normalen" Hystereseschleife behandelt, obwohl verschiedene Werkstoffe mit völlig anomaler Form der Magnetisierungskurve physikalisch und technisch von Belang sind. Bei einer strengeren Betrachtung hätte ferner nicht darüber hinweggegangen werden dürfen, daß die räumliche Anordnung der Eigenspannungen im allgemeinen nicht in so einfacher Weise berücksichtigt werden kann. Es ist natürlich zu beachten, daß die Eigenspannungen und ihre „Wellenlängen" im allgemeinen örtlich stark schwanken, so daß in jedem Falle besondere Betrachtungen darüber notwendig sind, welche „Mittelwerte" σ_i und l in die verschiedenen Beziehungen eingehen. Da wir noch sehr wenig wissen von der räumlichen Anordnung der Eigenspannungen, die durch plastische Verformung oder durch Ausscheidungshärtung entstehen, sind weitere Fortschritte in der Deutung der technischen Magnetisierungsvorgänge in erster Linie in Verbindung mit metallkundlichen Untersuchungen zu erwarten. Hierbei wird künftigen neuen Erkenntnissen über die Erscheinungen der Kristallplastizität, der Verfestigung und der Ausscheidungsvorgänge besondere Bedeutung zukommen.

Schließlich ist noch zu beachten, daß die Deutung der Magnetostriktion noch nicht einwandfrei gelungen und man daher gezwungen ist, die Magnetostriktion bei der Deutung der technischen Magnetisierungsvorgänge als gemessene Werkstoffeigenschaft einzusetzen. Es muß angestrebt werden, die Magnetostriktion und ihre kristallographische Richtungsabhängigkeit quantitativ auf Eigenschaften der Atome und Kristallgitter zurückzuführen, um eine volltändigere Deutung der Magnetisierungsvorgänge zu gewinnen.

Bericht über die Aussprache.[1])

Leiter: G. Mierdel VDE.

Leiter: Ich danke Herrn Kersten für seinen außerordentlich interessanten und klaren Vortrag und eröffne die Aussprache. Zunächst möchte ich selbst eine Frage stellen. Bei den Kurven der Legierung Eisen-Nickel fehlte immer ein Gebiet um 20% Nickel herum. Ist das Absicht?

Vortragender: Es ist nur das Gebiet gezeichnet worden, in dem bei der technischen Verwendung Mischkristalle vorhanden sind. Das Gebiet, in dem heterogene Mischungen auftreten, ist schwer zu behandeln und im Rahmen meines Vortrages nicht von Belang.

Leiter: Geht alles stetig ineinander über?

Vortragender: Nicht immer stetig. Das Gebiet zwischen 10 bis 30% Nickel ist im allgemeinen technisch unbrauchbar, können wir kurz sagen. Die Curietemperatur geht bei 30% Ni auf Zimmertemperatur herunter, so daß der Werkstoff bei geringer Erwärmung unmagnetisch ist.

Leiter: Was für ein Magnetisierungsverhalten würde man erwarten, wenn man einen Eisenkristall wirklich spannungsfrei herstellen könnte, was ja praktisch nicht möglich ist?

Vortragender: In dem Falle, daß beim Abkühlen unter die Curietemperatur die Weißschen Bereiche nicht in verschiedene Richtungen zu liegen kommen, so daß man keine magnetostriktiven Spannungen bekommt, müßte man eine sehr hohe Permeabilität erwarten. Das ist auch praktisch bestätigt worden. Ich habe diesen Sonderfall nicht erwähnt, weil das zu weit geführt hätte. Man hat z. B. gelegentlich nicht in der üblichen Weise ohne äußeres Magnetfeld abgekühlt, sondern hat beim Abkühlen unter die Curietemperatur ein starkes Magnetfeld angelegt und hat dadurch die sämtlichen Weißschen Bezirke gezwungen, parallel abzukühlen. Es ergeben sich aber mindestens im vielkristallinen Werkstoff trotzdem magnetostriktive Spannungen, und tatsächlich sind auch die so erhaltenen Anfangspermeabilitäten größenordnungsmäßig nicht größer als die Höchstwerte, die ich genannt habe.

Leiter: Ein vollkommen störungsfreies Metall bekommt man ja nicht.

Vortragender: Die hier maßgebenden Verhältnisse sind recht verwickelt. Man kann aber leicht einsehen, daß ein Kristall theoretisch durchaus ideale Eigenschaften haben müßte, wenn er eine beliebig hohe Permeabilität haben soll. Beispielsweise muß die Magnetostriktion isotrop sein, die Kristallenergie darf nicht zu groß sein usw.; solche „idealen" Bedingungen gibt es jedoch praktisch nicht.

Herr **N. N.:** Welche zahlenmäßige Beziehung besteht zwischen der Wanddicke und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit?

Vortragender: Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit hängt zum großen Teil von den ganz groben Wirbelstromeffekten ab. Sie werden sich entsinnen, daß die Wand nicht gerade, sondern eingebuchtet, parabelartig, gezeichnet war.[2]). Das sollte andeuten, daß die Wand außen am Draht am schnellsten läuft und daß die Geschwindigkeit im Innern von Wirbelströmen abhängt. Die Geschwindigkeit, mit der der äußere Rand vorläuft, ist mittelbar auch von Wirbelströmen abhängig insofern, als dieser Rand nicht unendlich dünn sein kann wegen der endlichen Dicke der Blochschen Wand. Diese Geschwindigkeit ist bisher noch nicht einwandfrei berechnet worden. Ich nehme an, daß solche Rechnungen in nächster Zeit durchgeführt werden.

Die „Spitze" der Welle kann nicht beliebig schnell laufen, weil sie nicht beliebig dünn sein kann; und wenn sie endlich dick ist, ist eine endliche Eindringtiefe vorhanden und damit auch eine Wirbelstrombildung; das ergibt eine bestimmte Höchstgeschwindigkeit der Wand. Die nach diesen Vorstellungen abgeschätzte Geschwindigkeit stimmt wenigstens qualitativ mit den Versuchsergebnissen überein. Sie liegt praktisch zwischen Fußgängergeschwindigkeit (bei sehr kleinem Überschußfeld) und Geschoßgeschwindigkeit (bei großem Überschußfeld). Das Überschußfeld ($\mathfrak{H}_s - \mathfrak{H}_0$) ist natürlich maßgebend.

Herr **Zehme:** Wie wirkt sich der Einfluß der Spannung auf die Richtkräfte und die Remanenzen für die Praxis aus. Rein physikalisch waren die Feststellungen sehr interessant; aber welche Richtlinien würden sich daraus für die Praxis ergeben?

Ich möchte dann die Frage stellen, die oft aufgeworfen worden ist, welchen Einfluß die Geschwindigkeit auf die reversible Magnetisierungsarbeit, also auf die Richtkräfte und die Remanenz hat. Die Geschwindigkeit der Ummagnetisierung ist doch heute schon sehr hoch, und sie muß doch einen Einfluß haben.

Vortragender: Viele technische Folgerungen aus diesen Überlegungen habe ich unterschlagen. Nur einige Hinweise: Man bekommt nach unseren theoretischen Vorstellungen die besten Dauermagnete mit den größten Koerzitivkräften, wenn man erstens durch die Aushärtung dafür sorgt, daß die Eigenspannungen möglichst groß sind, und zweitens die Vorbehandlung so wählt, daß bei einem hohen Betrage der Eigenspannungen auch deren Dispersität „kritisch" wird. Man hat das bisher wohl schon immer empirisch getan, bevor man diese theoretischen Vorstellungen kannte. Tatsächlich zeigen auch viele Versuchsergebnisse daß man bisher bei den besten Dauermagneten schon den Werkstoffzustand angenähert erreicht hat, bei dem nicht nur der Betrag der Eigenspannungen möglichst groß ist, sondern auch die mittleren Abstände der Spannungsbuckel der Blochschen Wanddicke nahekommen. Die Praxis hat bisher unbewußt natürlich schon die Folgerungen gezogen, die dahin gehen: „Große Eigenspannungen und kritische Spannungswellenlängen".

Man kann auch für andere magnetische Werkstoffe manche Arbeitsregeln auf Grund unserer theoretischen Vorstellungen aufstellen, die uns mindestens große Versuchskosten ersparen, selbst wenn sie im übrigen nicht unmittelbar zu technischen

[1]) Die Aussprache fand anschließend an den Vortrag vor dem VDE-Bezirk Berlin am 13. 12. 1938 statt.

[2]) Abb. 6, S. 534 dieses Heftes.

Fortschritten führen sollten. Schon seit einigen Jahren wendet man beispielsweise keine Kosten mehr auf, um durch Änderung der Vorbehandlung nach einer hohen Permeabilität bei solchen Legierungen zu suchen, die eine hohe Permeabilität nach den neuen theoretischen Vorstellungen kaum erreichen können. Es hat sich schon gezeigt, daß man extrem hohe Werte der Anfangspermeabilität bekommt, wenn man für die entsprechenden Versuche von vornherein Legierungen aussucht, die eine extrem niedrige Magnetostriktion haben. Selbst wenn man also den unmittelbaren Wert unserer theoretischen Vorstellungen für die Technik sehr vorsichtig beurteilt, so muß man doch feststellen, daß man durch diese Vorstellungen schon wiederholt von vornherein von aussichtslosen Versuchswegen abgehalten worden ist. Im übrigen handelt es sich hier um ein Beispiel der „Forschung auf weitere Sicht", deren Ergebnisse selbstverständlich zu gegebener Zeit zum allgemeinen technischen Fortschritt beitragen werden.

Allerdings sind die Vorstellungen zur Deutung der Koerzitivkraft noch so neu — sie stammen zum großen Teil erst aus den letzten zwei Jahren — daß noch sehr viele Versuchsarbeit geleistet werden muß, um die technischen Regeln klarer zu sehen.

Eine wesentliche technische Folgerung erwähnte ich bereits beim Eisen, das als wichtigster Werkstoff besonders interessiert und in großem Umfange in Form von Siliziumblech verwendet wird. Dort erhalten wir die wichtige Regel, daß man versuchen muß — wie es bisher nur im Laboratorium in kleinen Mengen getan worden ist —, die anomal großen Eigenspannungen zu beseitigen. Man muß untersuchen, welcher Natur diese Eigenspannungen sind, ob sie etwa vom Sauerstoff oder vom Kohlenstoff in dem Eisen herrühren. Man muß nach wirtschaftlichen Verfahren zu ihrer Beseitigung suchen.

Zu der Frage der Geschwindigkeit ist folgendes zu sagen. Die obere physikalische Grenze für die Geschwindigkeit, soweit man von „groben" Wirbelströmen absieht, liegt in der Gegend von Zentimeterwellen. Eine einwandfrei geprüfte Vorstellung von den Ursachen dieser Grenze besteht noch nicht. Man hat diese Frage in der letzten Zeit wiederholt untersucht; von R. Becker sind in Baden-Baden auf der Physikertagung 1938 theoretische Ansätze hierzu vorgetragen worden[3]). Diese Frequenzgrenze hängt auch damit zusammen, daß immer endliche Wanddicken vorhanden sein müssen, und daß daher auch bei noch so feiner Unterteilung der Weißschen Bezirke die Ummagnetisierungsvorgänge in endlichen Raumbereichen und damit auch in gewissen „Mindestwirbelstrombereichen" erfolgen müssen, so daß zuletzt wiederum Wirbelströme die Frequenz nach oben begrenzen, bei der die Permeabilität noch nicht absinkt. Es ist anzunehmen, daß man in den nächsten Jahren noch genauere Vorstellungen über die Ursachen dieser Grenze gewinnt, die uns natürlich auch technisch interessiert.

Herr N. N.: Diese Vorgänge haben doch auch für alle Untersuchungen Bedeutung, die mit Stoßvorgängen zusammenhängen. Man verwendet doch Magnetstäbchen, um die Blitzströme zu messen. Dabei handelt es sich um Vorgänge, die sich in millionstel Sekunden abspielen. Ist es möglich, mit diesen neuen Vorstellungen auch hier in die Geschwindigkeit der Magnetisierung hineinzuleuchten? Die gleiche Frage möchte ich auch bezüglich der Magnetisierung von Transformatoren beim Anlaufen von Wanderwellen stellen. Man hat früher experimentelle Untersuchungen hierüber angestellt und hat festgestellt, daß zum Teil eine ziemlich rasche Magnetisierung erfolgt. Vielfach wird auch vermutet, daß eine oberflächliche Magnetisierung auftritt. Es wäre interessant zu erfahren, ob man mit diesen Überlegungen einen Schritt weiter kommen kann.

Vortragender: Die meisten der von Ihnen erwähnten Vorgänge werden von groben Wirbelströmen beherrscht sowie von „Eindringtiefen" usw. Auch bei den Blitzstromuntersuchungen benutzt man eine gewisse Unterteilung durch Anwendung von Drahtbündeln. In manchen Fällen wird offensichtlich die Grenzfrequenz der Drähte noch nicht genügend hoch gewählt, so daß man in Abhängigkeit von der Drahtdicke arbeitet. Es ist allerdings nicht immer notwendig, die Drähte so dünn zu wählen, daß auch bei „schnellsten" Blitzen die statische Remanenz erreicht wird. Jedenfalls glaube ich, daß es sich dabei um Erscheinungen handelt, die im Rahmen der normalen Wirbelstromvorgänge erfaßt werden können.

[3]) ETZ. 59 (1938) S. 1378.

Wechselstromzähler in Drehstromanlagen.

Von F. Kelbe VDE, Berlin.

DK 621.317.785.025.1 : 621.316.13.025.3

Übersicht. Der Aufsatz zeigt, wie und mit welchen Erfolgen Wechselstromzähler auch in Drehstromanlagen verwendet werden können in Verbindung mit außerdem vorhandenen Drehstromzählern. Bei Anlagen mit großen Belastungsunterschieden können zusätzlich zu Drehstromzählern eingebaute Wechselstromzähler zu Kontrollzwecken sehr nützlich sein.

Grundsätzlich werden heute zur Messung der an Drehstromabnehmer abgegebenen elektrischen Arbeit Drehstromzähler benutzt; in Vierleiteranlagen solche mit drei und in Dreileiteranlagen meist solche mit zwei messenden Systemen.

Häufig werden aber in Drehstromanlagen in Kontrollschaltung mit den Drehstromzählern auch ganz normale Wechselstromzähler, d. h. ohne besondere Abgleichung, verwendet. Die Möglichkeiten und später auch die Vorteile, die sich aus dem zusätzlichen Einbau von Wechselstromzählern in Drehstromanlagen ergeben, seien im folgenden betrachtet. Soweit es im Zusammenhang mit den gestellten Thema interessiert, werden auch die in den Drehstromzählern auftretenden Verhältnisse betrachtet.

Die Verbrauchsangaben jedes Zählers sind abhängig von dem Drehmoment, das von dem Triebsystem auf die Systemscheibe ausgeübt wird. Für Wechselstromzähler ist dieses Drehmoment gemäß dem von Ferraris aufgestellten Gesetz in jedem Augenblick proportional

$$D = U\,I \cos\varphi .$$

In Drehstromzählern treten die gleichen Verhältnisse auf, nur mit dem Unterschied, daß auf der rotierenden Systemachse die Drehmomente mehrerer Triebsysteme summiert werden.

R
S
T
0

Abb. 1. Schaltung eines Drehstromzählers für Vierleiteranlagen.

Bei dem mit drei Triebsystemen ausgerüsteten Drehstromzähler für Vierleiteranlagen ist das auf die Systemachse ausgeübte Gesamtdrehmoment proportional

$$D = 3\,U_{ML}\,I \cos\varphi ,$$

wobei gleiche Spannungen[1]) und gleiche Belastung vorausgesetzt sind. Das Gesamtdrehmoment ist die Summe

[1]) Die Spannungen und Ströme sind nach dem Entwurf „Aufgabe 94" des AEF bezeichnet, vgl. ETZ 58 (1937) S. 364.

der Drehmomente, die die einzelnen Triebsysteme auf die ihnen zugeordnete Systemscheibe ausüben. Der Drehstrom-Vierleiterzähler ist nach Abb. 1 geschaltet. Die zugehörigen Belastungsdiagramme sind in Abb. 2a für gleiche Belastung und Abb. 2b für ungleiche Belastung der Phasen in vereinfachter Form dargestellt.

a gleiche Belastung b ungleiche Belastung

Abb. 2. Belastungsdiagramm einer Drehstrom-Vierleiteranlage.

Im ersten Triebsystem des Zählers arbeitet die Spannung U_{MR} mit dem Strom I_R, im zweiten System U_{MS} mit I_S und im dritten System U_{MT} mit I_T, wobei natürlich gemäß dem Ferrarisschen Gesetz der jeweils zwischen Strom und Spannung liegende Phasenverschiebungswinkel Berücksichtigung findet. Die von den Triebsystemen ausgeübten Einzeldrehmomente sind also proportional:

im System I $D_1 = U_{MR} I_R \cos\varphi_1$
im System II $D_2 = U_{MS} I_S \cos\varphi_2$
im System III $D_3 = U_{MT} I_T \cos\varphi_3$.

Das Gesamtdrehmoment ist somit proportional:

$$D = D_1 + D_2 + D_3 = U_{MR} I_R \cos\varphi_1 + U_{MS} I_S \cos\varphi_2 + U_{MT} I_T \cos\varphi_3.$$

Wenn man schon grundsätzliche Annahmen für die Gleichheit einiger Faktoren obiger Formel machen will, so kann dies jedenfalls für die Spannung geschehen. Die Gleichung vereinfacht sich somit in:

$$D = U_{ML} (I_R \cos\varphi_1 + I_S \cos\varphi_2 + I_T \cos\varphi_3).$$

Man sieht deutlich, daß je nach Art der Belastung die Einzeldrehmomente sehr verschieden sein können.

Beispiel 1: Ein Drehstrom-Vierleiterzähler für 10 A Nennnstrom, $3 \times 220/380$ V sei in Phase R mit 10 A, $\varphi_1 = 15\,°$, in Phase S mit 7 A, $\varphi_2 = 30\,°$ und in Phase T mit 5 A, $\varphi_3 = 20\,°$ belastet. Die Drehstromleistung ist dann:

$$N = U_{ML} (I_R \cos\varphi_1 + I_S \cos\varphi_2 + I_T \cos\varphi_3)$$
$$= 220\,(10 \cdot 0{,}966 + 7 \cdot 0{,}866 + 5 \cdot 0{,}94) = 4492 \text{ W}.$$

Dieser Belastung entspricht auch das tatsächlich auf die Systemachse ausgeübte Gesamtdrehmoment. Beträgt das Gesamtdrehmoment bei induktionsfreier Nennlast, d. h. 6600 W, beispielsweise 12 gcm, so wird bei 4492 W also eine Triebkraft von etwa 8,17 gcm auf die Systemachse ausgeübt. Es ist dabei ganz gleichgültig, wie sich der Gesamtbetrag von 4492 W zusammensetzt. Im Beispiel herrschen im Zähler folgende Verhältnisse:

	Belastung W	Drehmoment etwa gcm
System I	2125	3,87
System II	1333	2,42
System III	1034	1,88
zusammen	4492	8,17

Ebensogut könnte man die Belastung der Phase R und die der Phase T vertauschen, oder man könnte sich denken, daß in einer Phase überhaupt kein Strom fließt, während die anderen beiden entsprechend höher belastet sind. Solange sich die Gesamtbelastung nicht ändert, bleiben die Angaben eines sorgfältig abgeglichenen Zählers (und nur von solchem kann die Rede sein) die gleichen, ohne Rücksicht darauf, was in den einzelnen Phasen vor sich geht.

Baut man nun statt des sonst bei Großabnehmern üblichen zweiten Drehstromzählers zur Kontrollmessung drei Wechselstromzähler nach Abb. 3 ein, so erhält man ein zuverlässiges und umfassendes Bild über die tatsächlich in der Anlage vorliegenden Verhältnisse. Jeder Wechselstromzähler für sich gibt Aufschluß über den in den einzelnen Phasen stattgefundenen Verbrauch. Die Drehmomente der Wechselstromzähler verhalten sich genau so wie die der einzelnen Triebsysteme des Drehstromzählers. Großabnehmer werden allerdings verhältnismäßig selten als Vierleiteranlage angeschlossen. Nach den vorstehenden Hinweisen sei dieses Gebiet deshalb verlassen.

Abb. 3. Kontrollschaltung von drei Wechselstromzählern mit einem Drehstromzähler in Vierleiteranlagen.

Abb. 4. Schaltung eines Drehstromzählers für Dreileiteranlagen.

D r e h s t r o m - D r e i l e i t e r - A n l a g e n dagegen bilden bei Großabnehmern den weitaus höchsten Prozentsatz, und gerade hier ergibt sich für Wechselstromzähler neben den Drehstromzählern oder Präzisionszählern ein außerordentlich weites Verwendungsfeld.

Drehstrom-Dreileiterzähler arbeiten nach dem sogenannten „Zwei-Wattmeter-Verfahren", das, soweit es im unmittelbaren Zusammenhang mit den hier angestellten Überlegungen steht, ebenfalls kurz betrachtet sei. Der Drehstrom-Dreileiterzähler besitzt zwei messende Systeme, die nach Abb. 4 geschaltet sind. Das auf die Systemachse ausgeübte Gesamtdrehmoment ist proportional

$$D = 1{,}732\, U_L I \cos\varphi,$$

wobei wieder gleiche Spannungen und gleiche Belastung vorausgesetzt sind. Es stellt ebenfalls die Summe der Drehmomente dar, die die einzelnen Triebsysteme auf die ihnen zugeordneten Systemscheiben ausüben. Gemäß Schaltung 4 und Belastungsdiagramm Abb. 5 arbeiten im ersten System die Spannung U_{RS} mit dem Strom I_R und im zweiten System die Spannung U_{TS} mit dem Strom I_T. Unter Berücksichtigung der zwischen beiden liegenden

Phasenverschiebung sind die von den Triebsystemen ausgeübten Einzeldrehmomente also proportional:

im System I: $D_1 = U_{RS} I_R \cos(\varphi \pm 30°)$

im System II: $D_2 = U_{TS} I_T \cos(\varphi \mp 30°)$,

wobei die oberen Vorzeichen für induktive Belastung gelten. Das Gesamtdrehmoment bei induktiver Belastung (die zukünftig stets zugrunde gelegt sei) ist somit proportional

$$D = D_1 + D_2 = U_{RS} I_R \cos(\varphi + 30) + U_{TS} I_T \cos(\varphi - 30),$$

woraus sich bei gleichen Spannungen und gleicher Belastung

$$D = 1{,}732\, U_L I \cos\varphi$$

ergibt.

Abb. 5. Belastungsdiagramm einer Drehstrom-Dreileiteranlage (induktive gleichmäßige Belastung).

Selbst wenn man in diesem Fall gleiche Belastung annimmt, wozu man bei Dreileiteranlagen eher berechtigt ist als bei Vierleiteranlagen, so erhält man doch noch keine gleichen Einzeldrehmomente der Triebsysteme. Bei Betrachtung letzterer darf man obige Gleichung nur vereinfachen in

$$D = U_L I [\cos(\varphi + 30) + \cos(\varphi - 30)],$$

woraus zu ersehen ist, daß sich die Einzeldrehmomente der Triebsysteme im Sinne der Abb. 6 ändern. Sie sind nicht nur in Abhängigkeit von der Belastung, sondern gesetzmäßig auch bei gleichmäßiger Belastung der drei Phasen im Hinblick auf die Phasenverschiebung voneinander verschieden.

Abb. 6. Verhalten der Einzeldrehmomente der Triebsysteme (I u. II) eines Drehstromzählers für Dreileiteranlagen bei Phasenverschiebung.

Beispiel 2: Legt man einen Drehstrom-Dreileiterzähler für 10 A, 3 × 380 V zugrunde und nimmt an, er sei mit 5 A gleichmäßig belastet, so nehmen die Einzeldrehmomente der Triebsysteme ganz verschiedene Werte an, je nach Größe der Phasenverschiebung. Beträgt letztere z. B. 20°, so erhält man als Belastung nach der Gleichung

$$N = U_L I [\cos(\varphi + 30) + \cos(\varphi - 30)]$$
$$= 380 \cdot 5 \cdot [\cos(20 + 30) + \cos(20 - 30)] \approx 3080 \text{ W}.$$

Dieser Belastung entspricht wieder das tatsächlich auf die Systemachse ausgeübte Gesamtdrehmoment. Beträgt letzteres bei induktionsfreier Nennlast, d. h. rd. 6580 W, beispielsweise 8 gcm, so würde bei 3080 W also eine Triebkraft von etwa 3,8 gcm auf die Systemachse ausgeübt.

Es ist dabei auch hier ganz gleichgültig, wie sich die Gesamtbelastung von 3080 W zusammensetzt. Bei diesem Beispiel herrschen im Zähler folgende Verhältnisse:

Drehmoment System I: rd. 1,5 gcm
„ „ II: „ 2,3 „
zusammen 3,8 gcm.

Ebensogut könnte die Belastung höher und die Phasenverschiebung größer sein oder umgekehrt. Solange sich die Gesamtbelastung nicht ändert, bleiben die Angaben des Drehstromzählers die gleichen.

Das Triebmoment des ersten Systems des Zählers wird bei größeren Phasenverschiebungen als 60° negativ.

Beispiel 3: Es sei dem vorstehenden Beispiel 2 eine Phasenverschiebung von 75° zugrunde gelegt. Die Gesamtbelastung würde dann

$$N = U_L I [\cos(\varphi + 30) + \cos(\varphi - 30)]$$
$$= 380 \cdot 5 \cdot [\cos(75 + 30) + \cos(75 - 30)] \approx 855 \text{ W}.$$

Das auf die Systemachse ausgeübte Gesamtdrehmoment beträgt also jetzt

$$\frac{8 \cdot 855}{6580} \approx 1{,}04 \text{ gcm}.$$

Es verteilt sich wie folgt:

System I: rd. − 0,6 gcm
System II: rd. + 1,64 „
zusammen: + 1,04 gcm.

Mit dem ersten Triebsystem allein würde der Zähler also rückwärts laufen. Nur dadurch, daß das positive Drehmoment des zweiten Systems überwiegt, wird die Systemachse vorwärts gedreht.

Abb. 7. Kontrollschaltung von zwei Wechselstromzählern mit einem Drehstromzähler für Dreileiteranlagen.

Baut man hier nun statt des sonst üblichen zweiten Drehstromzählers zur Kontrollmessung zwei Wechselstromzähler nach Abb. 7 ein, so kann man aus den Angaben dieser beiden Zähler ebenfalls wieder wesentliche Rückschlüsse auf die Verhältnisse in der Anlage ziehen. Die beiden Wechselstromzähler verhalten sich genau so wie die Einzeldrehmomente der Triebsysteme des Drehstromzählers.

Es seien wieder die letzten beiden Beispiele zugrunde gelegt und angenommen, daß die Belastungen jeweils 12 h gedauert haben; vor den Messungen haben alle Zählwerke auf Null gestanden, und nach jeder zwölfstündigen Belastung seien Ablesungen vorgenommen. Man erhält dann für Beispiel 2:

1. Angabe des Drehstromzählers:
   3080 W · 12 h = 36,95 kWh.
2. Angaben der Wechselstromzähler:
   a) Wechselstromzähler I
      1900 · 0,64 W · 12 h = 14,6 kWh
   b) Wechselstromzähler II
      1900 · 0,98 W · 12 h = 22,35 „
      zusammen 36,95 kWh.

Anschließend sei die Belastung des Beispieles 3 ebenfalls 12 h lang aufgetreten, dann ergibt sich folgendes Bild:

1. Angabe des Drehstromzählers:

Vorhandener Stand des Zählwerks . .	36,95 kWh
dazu 855 W · 12 h	10,26 „
Gesamtverbrauch	47,21 kWh

2. Angaben der Wechselstromzähler:

a) Wechselstromzähler I:

Stand des Zählwerks	14,60 kWh
dazu — 0,26 · 1900 W · 12 h	— 5,93 „
neuer Stand	8,67 kWh

b) Wechselstromzähler II:

Stand des Zählwerks	22,35 kWh
dazu 0,71 · 1900 W · 12 h	+ 16,19 „
neuer Stand	38,54 kWh

Die beiden neuen Zählwerksstände werden abgelesen. In der Praxis sieht die Verbrauchsbestimmung also folgendermaßen aus:

a) Wechselstromzähler I:

vorheriger Zählwerksstand .	14,60 kWh	
neuer Zählwerksstand . .	8,67 „	
Differenz		— 5,93 kWh

b) Wechselstromzähler II:

vorheriger Zählwerksstand .	22,35 kWh	
neuer Zählwerksstand . .	38,54 „	
Differenz		+ 16,19 „
Summe der beiden Angaben a + b		10,26 kWh

c) Drehstromzähler:

vorheriger Stand des Zählwerks	36,95 kWh	
neuer Stand des Zählwerks	47,21 „	
Verbrauch		10,26 kWh

Die Summe der Angaben der beiden Wechselstromzähler stimmt also mit den Angaben des Drehstromzählers überein, wobei die Fehler der Zähler selbst zunächst unberücksichtigt geblieben sind.

(Schluß folgt.)

Vorschriften für Lampenfassungen und Lampensockel bis 750 V.

VDE-Ausschuß für Installationsmaterial.

DK 621.326.623 + 621.329.1

VDE 0616

Entwurf.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Einspruchsfrist: 1. August 1939.

Inhaltsübersicht:

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

a) Diese Vorschriften gelten für Lampenfassungen und Lampensockel, die nach dem .... hergestellt werden[1]).

§ 2.

Geltungsbereich.

a) Diese Vorschriften gelten für Schraub-, Bajonett- und Soffitten-Lampenfassungen und Lampensockel in Anlagen mit Betriebsspannungen über 42 V bis 750 V und für Nennströme bis 30 A.

b) Hinsichtlich der Schutzart werden unterschieden:

A. abgedeckte Ausführung (nicht wassergeschützt),
B. geschützte Ausführung (tropfwassergeschützt),
C. abgedichtete Ausführung (mit abgedichtetem Anschlußraum).

c) Für Sonderausführungen von Lampenfassungen und Lampensockeln sind die Vorschriften sinngemäß anzuwenden.

d) Für schlagwettergeschützte Fassungen gilt VDE 0170 „Vorschriften für die Ausführung schlagwettergeschützter elektrischer Maschinen, Transformatoren und Geräte".

e) Für explosionsgeschützte Fassungen gilt VDE 0171 „Vorschriften für die Ausführung explosionsgeschützter elektrischer Maschinen, Transformatoren und Geräte".

II. Begriffe.

§ 3.

a) Nennspannung ist die Spannung, für die die Lampenfassungen und Lampensockel gebaut und benannt sind.

b) Nennstrom ist der Strom, für den die Lampenfassungen und Lampensockel gebaut und benannt sind.

c) Kriechstrecke ist der kürzeste Weg längs der Oberfläche eines Isolierteils zwischen Spannung führenden Teilen oder zwischen Spannung führenden Teilen und Erde oder der Berührung zugänglichen Stellen.

d) Luftstrecke ist der kürzeste Luftabstand Spannung führender Teile voneinander oder zwischen Spannung führenden Teilen und Erde oder der Berührung zugänglichen Stellen.

e) Isolierstoff ist der Sammelbegriff für alle isolierenden Werkstoffe, wie z. B. keramische Isolierstoffe, nichtkeramische Isolierpreßstoffe, Glimmer, Hartpapier usw.

III. Bestimmungen.

§ 4.

Aufschriften.

a) Nachstehende Aufschriften müssen dauerhaft und gut leserlich angebracht sein:

Ursprungszeichen,
Nennspannung,
Nennstrom.
Bezeichnung der Schutzart:
geschützte Ausführung 💧,
abgedichtete Ausführung 💧💧.

Werden Abkürzungen für die Bezeichnungen verwendet, so ist der Nennstrom mit A, die Nennspannung mit V zu bezeichnen, oder es sind nur Zahlenwerte anzugeben, wobei der Zahlenwert für den Nennstrom vor oder über demjenigen für die Nennspannung stehen muß und von diesem durch einen Strich zu trennen ist.

---

1) Genehmigt durch ....

Die Bezeichnung von Nennstrom und Nennspannung kann also z. B. sein: 2 A 250 V oder 2/250 oder $\frac{2}{250}$.

b) Isolierteile aus nichtkeramischen, gummifreien Isolierstoffen nach VDE 0320 müssen, soweit dies technisch ausführbar ist, das vom Staatlichen Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem, erteilte Überwachungszeichen nach DIN 7702 tragen, das gleichzeitig Herkunft und Typ erkennen läßt.

§ 5.
Nennspannung und Nennstrom.

a) Fassungen müssen für die in Tafel I angegebenen Nennspannungen und mindestens für die darin angegebenen Nennströme gebaut sein:

Tafel I.

1	2	3	4
Fassungsart	Nennspannung in V	Nennstrom in A	
		Fassungen ohne Schalter	Fassungen mit Schalter
E 14	250	2	2
B 15	250	2	2
S 15, S 19	250	2	2
E 27	250	4	2
E 27	500 750	2	—
B 22	250	4	2
E 40	250 500 750	30	—

§ 6.
Normen.

a) Für Lampenfassungen und Lampensockel gelten folgende DIN VDE-Normen:

DIN VDE 400 Edison-Gewinde, Gewinde-Grenzmaße,
„ „ 420 Nippelgewinde,
„ „ 430 Stahlpanzerrohrgewinde, Gewindeform,
„ „ 6200 Anschlußbolzen, Konstruktionsblatt,
„ „ 6206 Anschlußklemmen,
„ „ 6250 Einführungsöffnungen[2]),
„ „ 9040 Stopfbuchsverschraubungen aus Metall,
„ „ 9041 Stopfbuchsverschraubungen aus Isolierpreßstoff,
„ „ 9100 Mittenabstände für Sockelbefestigungslöcher[2]),
„ „ 9615 Lampensockel E 14,
„ „ 9620 Lampensockel E 27,
„ „ 9625 Lampensockel E 40,
„ „ 9630 Lampensockel EW (Pauschal) Unverwechselbarkeitsvorrichtung für Pauschalfassung,
„ „ 9650 Sockel für Soffittenlampen,
„ „ 9676 Fassungen mit Berührungsschutz, Gewinde E 14, Grenzmaße,
„ „ 9681 Fassungen mit Berührungsschutz, Gewinde E 27, Grenzmaße,
„ „ 9686 Fassungen mit Berührungsschutz, Gewinde E 40[2]), Grenzmaße,
„ „ 9720 Lampensockel BA 15,
„ „ 9725 Lampenfassungen B 15,
„ „ 9730 Lampensockel BA 20,
„ „ 9735 Lampenfassungen BA 20,
„ „ 9740 Lampensockel B 22,
„ „ 9745 Lampenfassungen B 22.

b) Die in den Normblättern als verbindlich gekennzeichneten Maße und Angaben müssen eingehalten werden.

c) Nicht genormte Ausführungen und Bauteile dürfen mit genormten nicht verwechselbar sein, wenn hierdurch die Sicherheit beeinträchtigt werden kann.

d) Zur Prüfung dienen Lehren nach folgenden Normblättern:

DIN VDE 300 Tastfinger,
„ „ 401 Edison-Gewinde, Gewindelehren,
„ „ 421 Nippelgewinde, Gewindelehren,
„ „ 431 Stahlpanzerrohrgewinde, Gewindelehren,
„ „ 9611 Edison-Lampensockel, Lehren für Einschraubtiefen,
„ „ 9651 Fassung für Röhrenlampen mit beiderseitigem Sockel nach DIN VDE 9650 (Soffittenlampen) Berührungsschutzlehre,
„ „ 9652 Fassung für Röhrenlampen mit beiderseitigem Sockel nach DIN VDE 9650 (Soffittenlampen) Tiefen- und Weitenlehren,
„ „ 9675 Fassungen mit Berührungsschutz, Gewinde E 14,
Bl. 1 Lehre KE 14 zur Prüfung der Kontaktgabe,
„ „ 9675 Fassungen mit Berührungsschutz, Gewinde E 14,
Bl. 2 Lehre BKE 14 zur Prüfung des Berührungsschutzes und der Kontaktgabe,
„ „ 9680 Fassungen mit Berührungsschutz, Gewinde E 27,
Bl. 1 Lehre KE 27 zur Prüfung der Kontaktgabe,
„ „ 9680 Fassungen mit Berührungsschutz, Gewinde E 27,
Bl. 2 Lehre BKE 27 zur Prüfung des Berührungsschutzes und der Kontaktgabe,
„ „ 9750 Prüflehren für Bajonettsockel[2]),
„ „ 9755 Prüflehren für Bajonettfassungen[2]),
„ „ 9685 Fassungen mit Berührungsschutz, Gewinde E 40,
Bl. 1 Lehre KE 40 zur Prüfung der Kontaktabgabe[2]),
„ „ 9685 Fassungen mit Berührungsschutz, Gewinde E 40,
Bl. 2 Lehre BKE 40 zur Prüfung des Berührungsschutzes und der Kontaktgabe[2]).

[2]) In Vorbereitung.

§ 7.
Allgemeine Bauvorschriften.

a) Schrauben, die Kontakt vermitteln, müssen aus Metall bestehen und in metallenes Muttergewinde eingreifen.

b) Befestigungen in Isolierstoff-Muttergewinde, die bei der Montage beansprucht werden, müssen ein zehnmaliges Festziehen und vollständiges Lösen mit Drehmomenten nach § 8 d) aushalten.

Das ordnungsmäßige Eingreifen des Schraubengewindes in das Isolierstoff-Muttergewinde beim Einsetzen der Schraube muß gewährleistet sein. Diese Forderung gilt als erfüllt, wenn z. B. eine übermäßige Schiefstellung der Schraube vor dem Anziehen durch eine Führung in dem zu befestigenden Teil verhindert wird oder durch eine Einsenkung des Muttergewindes oder durch einen Führungszapfen an der Schraube selbst das richtige Eingreifen des Gewindes erleichtert wird.

c) Kontaktflächen müssen elektrisch gut leitend und so beschaffen sein, daß ein die Sicherheit der Fassung beeinträchtigendes Ansteigen des Kontaktwiderstandes, z. B. durch Oxydbildung, verhindert wird.

d) Der Raum für die anzuschließenden Leitungen muß so bemessen sein, daß die Leitungen ordnungsmäßig angeschlossen werden können und die Wirkungsweise der Fassung nicht beeinträchtigt wird.

Für Fassungen zur Befestigung auf Rohrgewinde wird die Einhaltung dieser Vorschrift durch folgende Probemontage festgestellt:

Zwei Gummiaderleitungen des größten Querschnittes nach § 8 c) werden betriebsmäßig angeschlossen. Der Fassungsboden wird auf ein Rohr von der fünffachen Länge des Gewindedurchmessers aufgeschraubt. Die freien Enden der Leitungen werden durch das mit dem Fassungsboden verschraubte Rohrende gesteckt und an der äußeren Austrittstelle aus dem Rohr derart festgeklemmt, daß zwischen der dem Nippel zugekehrten Fläche des Fassungssteins und dem unteren Rande des Fassungsbodens ein Abstand von etwa 15 mm entsteht. Der Fassungsstein wird dann in den Boden eingesetzt und die Fassung betriebsfertig gemacht. Nach Auseinandernehmen der Fassung dürfen die Leitungen keine wesentlichen Beschädigungen aufweisen.

e) Einführungsöffnungen für Leitungen müssen so ausgebildet sein, daß die Schutzumhüllungen der für die einzelnen Fassungsarten in Frage kommenden Leitungen (Gummihülle, Beflechtung, Mäntel der Rohrdrähte, Rohre usw.) mit in die Fassung eingeführt werden können.

f) Kanten (Grat), durch die die Isolation der Leitung gefährdet werden kann, müssen vermieden sein.

g) Fassungen müssen so gebaut sein, daß sie zuverlässig befestigt werden können.

h) Vorrichtungen, die zum Anbringen von Schalen, Schirmen u. dgl. an Fassungen dienen, dürfen nur dann am Fassungsmantel vorgesehen werden, wenn dieser vom Fassungsboden nur mittels Werkzeug lösbar ist. Beim Anbringen und Entfernen der Schalen und Schirme darf der Berührungsschutz nicht aufgehoben werden.

i) Schrauben und Muttern, die bei Einbau und Anschluß der Fassung in ein Gerät bedient werden müssen, dürfen nicht zum Befestigen von Kontaktteilen dienen, wenn durch deren Lageänderung die Kriech- und Luftstrecken nach § 10 unterschritten oder die Wirkungsweise der Fassung beeinträchtigt werden kann.

k) Fassungssteckdosen, Steckerfassungen und Schraubsteckdosen sind unzulässig, desgleichen Vorrichtungen, die zum Einbau in Fassungen dienen und zum Anschluß von Stromverbrauchern bestimmt sind.

§ 8.
Leitungsanschlüsse.

a) Anschlußklemmen müssen als Schraubklemmen ausgebildet sein, die nur mittels Werkzeug bedienbar sind.

Fassungen für Leuchtketten können auch für festen Anschluß eingerichtet sein.

b) Die Anschlußklemmen müssen so beschaffen sein, daß der Anschluß mit genügendem Kontaktdruck ohne wesentliche Beschädigung der Leitung erfolgen kann.

Das Ausweichen der Leiter muß zuverlässig verhindert sein.

Die Anschlußklemmen müssen außerdem so eingerichtet sein, daß die Leitungen ohne besondere Zurichtung (wie z. B. Biegen einer Öse) angeschlossen werden können. Die Lage der Leitungen darf sich beim Anziehen der Schrauben nicht unzulässig ändern.

c) Die Anschlußvorrichtungen müssen für folgende Leitungsquerschnitte bemessen sein:

Fassung	E 14	B 15	0,75 bis 1 mm²
,,	E 27	B 22	0,75 bis 2,5 mm² [3])
,,	S 15	S 19	
,,	E 40		1,5 bis 6 mm².

d) Die Schrauben werden unter Verwendung eines passenden Schraubenziehers fünfmal mit den aus Tafel II ersichtlichen Drehmomenten angezogen und wieder gelöst. Dabei dürfen keine für die weitere Verwendung der Schrauben nachteiligen Veränderungen entstehen.

Tafel II.

1	2	3
Gewindedurchmesser in mm	Drehmoment in kgcm	
	Kopfschrauben	Gewindestifte
2,6	4	2
3	5	2,5
3,5	8	4
4	12	7
5	20	8
6	25	13

§ 9.

Fassungen mit Schalter.

a) Schalter in Fassungen müssen VDE 0632 „Vorschriften für Schalter bis 750 V 25 A" entsprechen. Schalter sind in Fassungen E 27 über 250 V und in Fassungen E 40 nicht zulässig.

b) Schalter in Fassungen müssen so gebaut sein, daß eine Berührung zwischen beweglichen Teilen des Schalters und den Zuleitungen ausgeschlossen ist.

c) Entgegen § 9 von VDE 0632 dürfen Bedienungsteile des Schalters auch ohne Werkzeug abnehmbar sein. Die Berührung von Metallteilen des Schaltwerkes einschließlich der Achse darf beim Einstecken und Herausnehmen sowie bei abgenommenem Bedienungsteil nicht möglich sein.

d) Bei der Prüfung der Schalter nach § 15 von VDE 0632 werden die Fassungen in lotrechter Lage (Fassungsöffnung für die Lampe nach unten) befestigt.

Die Prüfung nach § 15 von VDE 0632 erfolgt an besonderen Prüflingen unabhängig von den sonstigen Prüfungen an der Fassung.

§ 10.

Kriech- und Luftstrecken.

a) Nachstehende Kriech- und Luftstrecken dürfen nach ordnungsmäßigem Anschluß der Leitungen des größten Querschnittes nach § 8 c) und bei eingesetztem Prüfsockel nach DIN VDE 308 nicht unterschritten sein:

Nennspannung in V	250	500	750
1. Kriechstrecken zwischen Spannung führenden Teilen und der Wand (auch bei Verwendung von Vergußmasse)	6	10	12 mm
2. Kriechstrecken zwischen Spannung führenden Teilen und nicht isolierten Gehäuseteilen	4	6	8 mm
3. Sonstige Kriechstrecken	3	5	7 mm
4. Luftstrecken zwischen Spannung führenden Teilen und der Wand	4	6	8 mm
5. Luftstrecken zwischen Spannung führenden Teilen und nicht isolierten Gehäuseteilen	6	10	12 mm
6. Sonstige Luftstrecken	2	4	6 mm

b) Kriech- und Luftstrecken müssen auch gegenüber den Befestigungsschrauben für Wand- und Deckenfassungen eingehalten werden, und zwar unter Berücksichtigung von Schrauben nach DIN 84.

§ 11.

Berührungsschutz.

a) Die unter Spannung stehenden Teile der Fassungen und Lampensockel müssen bei eingesetzter Lampe und während des Einsetzens und Herausnehmens der Lampe der zufälligen Berührung entzogen sein.

Bei Fassungen mit Gewinde E 40 genügt Berührungsschutz bei brennfertig eingesetzter Lampe.

b) Lackierung, Emaillierung und Oxydierung von Metallteilen gelten nicht als Isolierung im Sinne des Berührungsschutzes.

c) Bei Fassungen für Nennspannungen über 250 V müssen die der Berührung zugänglichen Gehäuseteile aus Isolierstoff bestehen.

d) Zur Erfüllung der Forderung von a) können Fassungsmantel und Berührungsschutzkragen aus einem oder mehreren Teilen bestehen.

Wenn Fassungsmantel und Berührungsschutzkragen aus mehreren Teilen bestehen, darf der Berührungsschutzkragen vom Fassungsmantel nur mittels Werkzeug abtrennbar sein, es sei denn, daß nach Entfernen des Berührungsschutzkragens die Gewindehülse oder das diese ersetzende Kontaktstück spannungslos wird oder nicht mehr zum Einschrauben der Lampe geeignet ist oder durch die Lampe nicht mehr unter Spannung gesetzt werden kann.

e) Einrichtungen für Pauschalsysteme sowie zum Schutze gegen Diebstahl von Lampen dürfen den Berührungsschutz nicht aufheben. Diese Forderung gilt auch für Vorrichtungen, mit denen Zusatzteile angebracht oder gelöst werden.

f) Der Schutz gegen zufällige Berührung Spannung führender Teile und die Kontaktgabe wird unter Verwendung der entsprechenden Lehren nach § 6 d) festgestellt.

IV. Prüfung.

§ 12.

Reihenfolge und Bewertung der Prüfungen.

a) Die Prüfungen nach §§ 13 bis 15 sind an denselben Fassungen in der Reihenfolge der Paragraphen vorzunehmen.

b) Durch die Prüfungen dürfen sich keine Teile gelockert haben, die Maße für die Kriech- und Luftstrecken müssen erhalten bleiben, Leitungen unbeschädigt sein.

Vergußmasse darf nicht so flüssig geworden sein, daß die abgedeckten Strom oder Spannung führenden Teile freigelegt sind; eine geringe Lageveränderung der Vergußmasse wird jedoch nicht beanstandet.

§ 13.

Isolation.

a) Fassungen in abgedeckter Ausführung (nicht wassergeschützt).

Die Fassungen sind zunächst mindestens 4 h bei einer Temperatur von 20 bis 30° und danach 24 h bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 90% und bei einer Temperatur von 30 ± 2° zu lagern (Prüfvorrichtung siehe DIN VDE 302).

Unmittelbar nach der Lagerung wird eine Wechselspannung von der vierfachen Nennspannung, mindestens aber 2000 V, 1 min lang an die zu prüfenden Teile der Fassung gelegt.

Zur Prüfung wird ein Transformator benutzt, dessen Sekundärleistung mindestens 100 VA ist. Die Spannung ist vom halben Wert zum Endwert stetig oder in einzelnen Stufen von etwa 5% der Endspannung zu steigern.

Die Prüfung ist vorzunehmen:

zwischen den einzelnen Kontaktstücken,

zwischen jedem Kontaktstück und Gehäuse sowie Metallteilen, die erst durch den Lampensockel Spannung führend werden,

bei Isolierstoff-Fassungen zwischen jedem Kontaktstück und einer Metallumhüllung des Gehäuses;

außerdem bei Schaltfassungen bei ausgeschaltetem Schalter:

zwischen Spannung führenden Teilen und dem Schaltwerk,

zwischen Spannung führenden Teilen und einer um das Betätigungsteil gelegten Metallumhüllung.

Bei der Prüfung darf weder Durchschlag noch Überschlag auftreten.

Der Übergangsstrom darf bei einer Prüfspannung
von 2000 V nicht größer als 1,00 mA,
„ 2500 V „ „ „ 1,25 mA,
„ 3000 V „ „ „ 1,50 mA sein.

b) Fassungen in geschützter Ausführung (tropfwassergeschützt).

Nach Verschließen der Öffnungen für die Einführung der Leitungen oder Rohre sind die Fassungen in der Gebrauchslage (Lampenöffnung nach unten) nachstehender Prüfung zu unterziehen:

An die inneren Abdichtungsstellen der Prüflinge ist wasserlösliches, stark färbendes Pulver (z. B. Anilinfarbe) zu bringen.

Auf den Prüfling wird in einer Prüfvorrichtung nach DIN VDE 303 eine Wassermenge von 9 l, und zwar 3 l je Stunde, aus einer Fallhöhe von 15 cm getropft.

Nach dieser Beanspruchung darf keine Feuchtigkeit in das Innere der Fassung gelangt und das Farbpulver nicht verlaufen sein.

Danach sind die Fassungen nach a) zu prüfen.

c) Fassungen in abgedichteter Ausführung.

Die Öffnungen für die Einführung der Leitungen und Rohre sind unter Verwendung zylindrischer Metallbolzen an Stelle der Leitungen, die dem kleinsten bzw. größten Leitungsaußendurch-

[3]) Bei Fassungen bis 10 mm Nippel: 0,75 bis 1 mm².

messer entsprechen, unter Benutzung der zugehörenden Dichtmittel abzudichten. Vor der Prüfung sind die Dichtmittel einer Alterungsbehandlung nach d) zu unterziehen.

An die innere Abdichtungsstelle der Fassungen ist wasserlösliches stark färbendes Pulver (z. B. Anilinfarbe) zu bringen. Dann sind die Prüflinge 24 h in der Gebrauchslage so unter Wasser von 20 ± 5° C zu setzen, daß sie etwa 5 cm vom Wasser überdeckt sind (Prüfvorrichtung nach DIN VDE 304).

Nach dieser Beanspruchung darf keine Feuchtigkeit in das Innere der Fassung gelangt und das Farbpulver nicht verlaufen sein.

Danach sind die Fassungen nach a) zu prüfen.

d) Alterungsprüfung von Dichtmitteln.

Die Dichtmittel sind vor Vornahme der Prüfungen nach c) folgender Behandlung zu unterwerfen:

Die Dichtmittel werden in einem Wärmschrank in umlaufender Luft aufgehängt und siebenmal 24 h ununterbrochen einer Temperatur von 70 ± 2° C ausgesetzt. Im Anschluß daran werden sie 16 h lang bei Raumtemperatur belassen; danach werden sie gemäß c) eingebaut.

§ 14.

Mechanische Festigkeit.

a) Die Prüfung wird an nach § 13 geprüften Fassungen durchgeführt.

b) Zur Prüfung der Isolierstoff-Fassungen und Metallfassungen mit Isolierstoffringen im Mantel wird eine Prüfvorrichtung nach DIN VDE 305 benutzt.

Das Fallgewicht von 150 g soll 15 cm fallen; es werden zwei Schläge an zwei um 90° versetzten Stellen des Randes der Fassungsöffnung ausgeführt.

Bei Fassungen, deren Gehäuse durch Lüftungsschlitze oder dgl. geschwächt ist, ist die Prüfung an diesen geschwächten Stellen vorzunehmen.

c) Metallfassungen sowie nach Entfernen des Mantels freistehende Gewindehülsen werden in einer Prüfvorrichtung nach DIN VDE 309 mit P = 7,5 kg am Rande 1 min lang belastet.

d) Bei den Prüfungen nach b) und c) dürfen Beschädigungen, die die Sicherheit der Fassungen beeinträchtigen, sowie Brüche nicht auftreten; die Gewinde müssen lehrenhaltig bleiben.

Die Prüfung nach b) wird an demselben Prüfling einmal wiederholt, wenn Sprünge oder Risse aufgetreten sind, die die Sicherheit der Fassung nicht beeinträchtigen.

e) Zur Prüfung der mechanischen Festigkeit von Fassungen mit E-Gewinde gegenüber den beim Einschrauben einer Lampe auftretenden Beanspruchungen wird ein Prüfsockel (mit Gewinde) nach DIN VDE 308 mit dem aus der nachstehenden Tafel III ersichtlichen Drehmoment in die Fassung eingeschraubt und 1 min lang mit diesem Drehmoment belastet (Prüfvorrichtung nach DIN VDE 311).

Tafel III.

	Drehmoment in kgcm
Schraubfassung	
E 14	10
E 27	20
E 40	30
Kerzenfassung	
E 14	5
E 27	7

Die Prüfung wird zweimal ausgeführt, wobei die Fassung einmal am Mantel festgehalten, das andere Mal je nach der Fassungsart entweder auf ein Rohr aufgeschraubt oder am Fassungsboden befestigt bzw. bei Wand- oder Deckenfassungen auf eine Unterlage aufgeschraubt wird. Bei dieser Prüfung darf keine den Gebrauch der Fassung beeinträchtigende Form- oder Lagenänderung eintreten.

f) Die Zuverlässigkeit der Verbindung zwischen Fassungsmantel und Fassungsboden wird in der Weise geprüft, daß bei festgehaltenem Fassungsboden auf den Mantel der Fassung ein Anzugsdrehmoment in Höhe der in e) angegebenen Werte 1 min lang ausgeübt wird. Bei dieser Prüfung darf weder eine Lösung der Verbindung zwischen Fassungsboden und Mantel eintreten, noch darf die Fassung sonstige Beschädigungen erleiden.

g) Die Nippelmutter muß gegen Lockerung vom Nippel (Rohrnippel, Zwischennippel usw.) im Innern des Bodens gesichert werden können. Die Anwendung seitlicher Druckschrauben (Gewindestifte) ist verboten.

Die Zuverlässigkeit der Befestigung der Fassungen durch den Nippel wird in der Weise geprüft, daß versucht wird, die auf einem Nippel aufgeschraubte Fassung nach Betätigung der Nippelsicherung vom Rohr zu lösen. Dabei darf bei 1 min langer Anwendung der in e) angegebenen Drehmomente die Fassung sich nicht vom Rohr abschrauben lassen.

h) Fassungsboden und Fassungsnippelmutter müssen unverdrehbar miteinander verbunden werden können.

Zur Prüfung der Widerstandsfähigkeit der Verbindung zwischen Nippelmutter und Fassungsboden gegen Biegebeanspruchung dient eine Prüfvorrichtung nach DIN VDE 312. Die Fassung wird in waagerechter Lage am Nippel befestigt. Ein in die Fassung eingesetzter Prüfsockel (nach DIN VDE 308) wird mit dem in DIN VDE 312 angegebenen Gewicht 1 min lang belastet. Der Prüfsockel darf dabei nicht um mehr als 5 mm absinken, gemessen in einer Entfernung von 175 mm vom Nippel. Die Fassung darf keine Beschädigung erfahren. Falls eine dauernde Durchbiegung entsteht, wird die Fassung in die Mittellage zurückgebogen. Nach fünfmaliger Wiederholung dieser Durchbiegung darf keine den normalen Gebrauch der Fassung beeinträchtigende Beschädigung eingetreten sein.

§ 15.

Zugentlastung und Verdrehungsschutz bei Pendelfassungen.

a) Bei Pendelfassungen muß die Leitung an der Anschlußstelle von Zug und Druck entlastet, die Leitungsumhüllung gegen Abstreifen und die Leitungsadern gegen Verdrehen gesichert werden können. Die Art der Ausführung der Zugentlastung muß leicht erkennbar sein. Teile der Vorrichtung für die Zugentlastung und den Verdrehungsschutz dürfen nicht Spannung führend sein. Lose eingelegte Teile zur Herstellung der Entlastung und des Verdrehungsschutzes sind unzulässig.

b) Zur Prüfung der Zugentlastung dient eine Prüfvorrichtung nach DIN VDE 307.

Die Zugentlastung muß bei der Prüfung eine Zugbeanspruchung von 8 kg 50-mal aushalten. Die Zugbeanspruchung muß 1-mal je Sekunde ohne ruckweises Anheben des Gewichtes ausgeübt werden.

Nach der Prüfung darf keine Beschädigung der Leitung oder ihrer Umhüllung durch die Entlastungsvorrichtung aufgetreten sein; die Leitung darf sich um nicht mehr als 2 mm in der Einführungsöffnung verschoben haben.

c) Zur Prüfung des Verdrehungsschutzes der Anschlußleitung dient eine Prüfvorrichtung nach DIN VDE 308. Zur Prüfung ist ein Drehmoment von 2500 cmg 1 min lang auszuüben.

Nach der Prüfung dürfen sich die Leitungsenden in den Anschlußklemmen des Prüflings nicht verlagert haben.

§ 16.

Wärmesicherheit.

a) Die Prüfung wird an nach § 14 geprüften Fassungen durchgeführt.

Die Fassungen werden 24 h lang in einem Wärmschrank bei der in der Tafel IV angegebenen Temperatur gelagert und darauf auf etwa Raumtemperatur abgekühlt.

Tafel IV.

Fassung	Prüftemperatur
E 14, B 15, S 15	150 ± 5°
E 27, B 22, S 19	180 ± 5°
E 40	220 ± 5°

Die Fassung darf durch die Wärmebehandlung keine den weiteren Gebrauch und die Sicherheit beeinträchtigende Veränderung erleiden, z. B. Beeinträchtigung des Berührungsschutzes oder Lockerung der Kontaktverbindungen. Gewinde müssen noch lehrenhaltig sein.

b) Fassungen E 14, B 15, S 15, E 27, B 22 und S 19 mit nichtkeramischen Isolierstoffteilen, die noch nicht zu anderen Prüfungen benutzt wurden, werden nach a), jedoch bei einer Prüftemperatur von 200° — Fassungen E 40 bei 250° — 24 h lang erwärmt.

Hiernach dürfen die Fassungen nicht derart verändert sein, daß der Berührungsschutz gemäß § 11 nicht mehr gewahrt ist. Im übrigen brauchen die Fassungen nicht mehr im gebrauchsfähigen Zustande zu sein.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.311.22/.23 : 621.311.153.22

Wärmekraftwerke für Spitzendeckung und Notreserve. [Nach H. S. Hvistendahl, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 305; 16½ S., 17 Abb.]

Hvistendahl unterscheidet drei Arten von Spitzen- oder Reservekraftwerken:

1. Erzeugungsanlagen für Notreserve zur sofortigen Deckung des Kraftbedarfes bei Ausfällen; sie müssen in spätestens 2 bis 5 min belastbar sein.
2. Reservekraftwerke für gelegentlichen Einsatz; ihre Anfahrzeit darf nicht länger als 10 bis 20 min betragen.
3. Normale Spitzenkraftwerke, die nach einem festgelegten Fahrplan fahren und nach spätestens 30 min zur Verfügung stehen müssen.

Kraftwerke der ersten Gruppe finden bei empfindlichen Verbrauchern Anwendung. Sie sind selten im Betrieb, müssen jedoch im Bedarfsfalle in kürzester Zeit ohne jede fremde Unterstützung anfahren und die Reserve übernehmen können. Sie liegen unmittelbar beim Verbraucher oder in der Nähe.

Kraftwerke der zweiten Art haben in der Regel ungewöhnliche und unvorhergesehene Lastausfälle zu decken, z. B. Wetterspitzen, Betriebsmittelausfälle in anderen Werken, Wassermangel in Wasserkraftwerken und dergl. Ein schnelles Anfahren ist auch hier erwünscht, jedoch kann dieses langsamer als bei den Anlagen der ersten Gruppe erfolgen.

Die dritte Art von Werken dient in Verbindung mit Grundlastwerken zur Deckung regelmäßig wiederkehrender Spitzen. Die Anfahrzeit dieser Werke braucht nicht übermäßig kurz bemessen zu sein. [Anm. d. Ber. Für großstädtische Verhältnisse reicht die Einsatzbereitschaft der beiden ersten Gruppen nach meinen Erfahrungen nicht aus. Die „Sofortreserve" muß bei Erhalt des Kommandos sofort mit ihrem Einsatz beginnen können und nach längstens 60 s ihren vollen Wert erreicht haben. Die „Schnellreserve" muß nach Erhalt des Einsatzkommandos in spätestens 2 bis 5 min dienstbereit sein können.]

Die Benutzungsdauer aller dieser Anlagen ist gering. Infolgedessen spielt der Wirkungsgrad keine ausschlaggebende Rolle, jedoch müssen die Anlagekosten möglichst niedrig sein. Man wählt billige Kessel und Maschinen und bewegt sich in der Wahl des Dampfdruckes und der -temperatur in mittleren Grenzen. Dieselmaschinen kommen wegen der hohen Anlagekosten als Erzeugungsanlage für Notreserve nur bis etwa 3000 kW in Betracht. Für größere Leistungen werden allgemein Dampfanlagen billiger zu erstellen sein.

Für diese Anlagen ist Öl als wirtschaftlicher Brennstoff anzusehen. Erst bei über 600 bis 900 Benutzungsstunden ist für europäische Verhältnisse die Kohle wettbewerbsfähig mit dem Öl.

Für die schnelle Inbetriebsetzung von Dieselanlagen sind Einrichtungen geschaffen, die z. B. nach Ansprechen eines verzögerten Nullspannungsrelais den Maschinensatz vollkommen selbsttätig hochfahren. Ähnliche Einrichtungen sind für Dampfkraftanlagen möglich, zumal im Kesselbetrieb die meisten Vorgänge bereits selbsttätig geregelt sind. [Anm. d. Ber. M. W. sind derartige selbsttätig anfahrende Dampfanlagen bereits ausgeführt und haben sich in Störungsfällen durchaus bewährt.]

Für sofortige Lastaufnahme verwendet man „Überbrückungsdampfspeicher", die den Dampfbedarf decken, bis die Kessel auf Leistung sind. Die Turbine muß in diesem Falle, vom Generator getrieben, ständig leer mitlaufen.

Einige Anlagen mit Velox-Kesseln und Dampfspeichern sowie eine bombensichere Kraftanlage, die in einem etwa 45 m langen Stollen vom Querschnitt eines doppelgleisigen Eisenbahntunnels eingebaut ist, werden beschrieben. Falls eine unterirdische Unterbringung derartiger Anlagen im Hinblick auf den Luftschutz nicht möglich ist, soll eine gewisse Sicherheit durch Verwendung von 1¼ m starken Betondächern und Betonwänden erstrebt werden. Gegen Volltreffer schwerer Bomben aus großen Höhen werden diese Maßnahmen jedoch nicht vollkommen schützen; höherer Kostenaufwand ist wegen der geringen Treffwahrscheinlichkeit nicht gerechtfertigt. *El.*

Geräte und Stromrichter.

DK 621.316.542

Scheibenschalter. (Ein Beitrag zur Schaltlehre). [Nach R. Edler, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 669 u. 686; 8 S., 16 Abb.]

Für die Herstellung mehrerer verschiedener Verbindungen in einer Schaltungsanordnung lassen sich mehrere grundsätzlich verschiedene Bauformen der Schaltgeräte entwickeln. Bei den Schaltwalzen[1]) können beliebig viele Schaltvorgänge in einer ganz bestimmten Reihenfolge erledigt werden, während bei den Paketschaltern[2]) gewöhnlich eine nur geringere Anzahl von Verbindungsarten (Schalterstellungen) in einer ganz bestimmten Reihenfolge vorkommen wird (etwa 3 bis 6), wobei eine vollständige Freizügigkeit der Drehbewegung (durch Links- und Rechts-Sprungwerke ohne Anschläge) gesichert ist. Bei den Schützen und Schützgruppen[3]) kommen sowohl Schaltvorgänge vor, die sich in einer bestimmten Reihenfolge abspielen müssen, als auch Fälle, in denen die zeitliche Schaltfolge beliebig gewählt werden kann. Bei den Wahlschaltern[4]) — d. s. zwei oder mehrere Hebelschalter oder Hebelumschalter — kann die Schaltfolge jederzeit beliebig gewählt werden, so daß hierbei kein Stromweg von dem vorausgegangenen Stromwege abhängig ist.

HK Heizkissen *ZS* Zwischenschalter *SS* Leitungsschnur *St* Stecker

Abb. 1. Anordnung des Scheibenschalters für ein Heizkissen.

PN Zuleitungen
R_1, R_2 Heizwiderstände
a, *b*, *c* Anschlußklemmen der Widerstände

Abb. 2. Schaltbedingungen.

Wenn man die bei den Paketschaltern erwähnte Freizügigkeit der Drehbewegung aufgibt und sie nur auf einem Teile des Umfanges zuläßt, was in einfacher Weise durch Anschläge geschehen kann, dann ergibt sich eine weitere Bauform von Schaltgeräten, nämlich die Scheibenschalter, die auf der Mantelfläche einer kreisrunden Isolierscheibe entsprechend angeordnete Stromschlußstücke tragen, die an feststehenden (aber federnd angeordneten) Kontakten vorbeistreichen. R. Edler löst nun an zwei Beispielen mit Hilfe der Schaltlehre aus den Schaltbedingungen die Aufgabe, in wie viele Teile der Umfang der Schaltscheibe einzuteilen ist, ferner wo die Anschläge zur Begrenzung der Drehbewegung anzubringen sind, wie die Schaltstücke auf der drehbaren Schaltscheibe (aus Isolierstoff) anzuordnen sind, und endlich wie die federnden feststehenden Kontakte im Innern des Schaltergehäuses zu verteilen sind.

Im 1. Beispiel (Heizregler, z. B. für ein Heizkissen), Abb. 1, ist das als Zwischenschalter *ZS* ausgebildete Schalt-

[1]) Edler, Schaltlehre, 2. Aufl. 1927, Verlag Jänecke, Leipzig. Edler, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 53 (1935) S. 41.

[2]) Edler, Arch. Elektrotechn. 29 (1935) S. 531; Elektrotechn. u. Masch.-Bau 52 (1934) S. 564.

[3]) Baudisch u. Einsele, Siemens-Z. 16 (1936) S. 421. — Edler, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 55 (1937) S. 521 mit zahlreichen Hinweisen auf das Schrifttum. — Windmuller, BBC-Nachr. 25 (1938) S. 19.

[4]) Edler, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 49 (1931) S. 848; Z. Fernmeldetechn. 18 (1937) S. 52 u. 62.

gerät im Zuge der Leitungsschnur *SS* zwischen dem Stecker *St* und dem Heizkissen *HK* eingefügt. Aus den Schaltbedingungen, Abb. 2, ergibt sich mit Hilfe der Regeln der Schaltlehre in folgerichtiger Weise die Abwicklung der Schaltscheibe, Abb. 3, und daraus die Bauform des Schaltgerätes, Abb. 4, wobei alle vier Betriebsstellungen erkennbar sind. Es ist bemerkenswert, daß im Handel ein Heizregler für denselben Zweck vorkommt,

					p	a		c	N	b	N
0	aus										
I	schwach										
II	mittel										
III	stark										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Abb. 3. Abwicklung der Schaltscheibe.

0, I, II, III Betriebsstellungen Anordnung der Schaltstücke auf der Schaltscheibe und Lage der federnden Kontakte *P, a, b, c, N* im Gehäuse

Abb. 4. Bauform des Scheibenschalters.

dessen Umfang in 12 Teile geteilt ist und der 3 Schaltstücke auf dem Scheibenumfange trägt, während das Schaltgerät Abb. 4 mit 10 Teilen auf dem Umfang und mit 2 Schaltstücken auf der Schaltscheibe auskommt. Man kommt daher mit Hilfe der Schaltlehre zu einer einfacheren Lösung als durch Probieren. Im 2. Beispiel wird ein Scheibenschalter für die Dreigruppenladung der Sammler (nach der Schaltungsweise von Mička, DRP. 124647) behandelt. *Vb.*

DK 621.318.5.001.2 : 621.39.083.721

Schaltzeitmessung an Relais. [Nach K. Gundlfinger, TN-Nachrichten 7 (1938) S. 1599; 9 S., 5 Abb.]

Der Verfasser weist im ersten Teil seines Aufsatzes auf die Notwendigkeit hin, für die neueren Schaltungen der Fernmeldetechnik mit Wählbetrieb die Relais nicht nur auf Strom- sondern besonders auch auf Zeitsicherheit zu prüfen. Genügend sichere Unterlagen sind nur für die Vorausberechnung der Schaltströme vorhanden, nicht dagegen für eine Vorausberechnung der Schaltzeiten. Diese letzteren müssen daher mit geeigneten Meßeinrichtungen in längeren Versuchsreihen ungefähr vorausermittelt und in der Fabrikation dann laufend nachgeprüft werden.

Nach einer eingehenden Erklärung des Begriffes der Schaltzeit erwähnt der Verfasser die verschiedenen bekannten Meßeinrichtungen zur Ermittlung der Schaltzeit. Der Oszillograph, die genaueste Einrichtung für solche Messungen, scheidet wegen der großen Zeitspanne zwischen Aufnahme und Auswertung und auch wegen der nicht ganz einfachen Handhabung für größere Meßreihen und laufende Überwachung aus. Auch die verschiedenen Anwendungen des ballistischen Galvanometers stellen bezüglich Vorbereitung und Auswertung der Messungen zu hohe Anforderungen, als daß sie für Reihenmessungen geeignet wären, ganz abgesehen von den zahlreichen Fehlerquellen dieses Verfahrens.

Der Verfasser beschreibt dann eine neue Meßeinrichtung, die alle Mängel der vorerwähnten vermeiden soll: Während der zu messenden Schaltzeit, also vom Zeitpunkt der Ein- bzw. Ausschaltung des Relais bis zum Zeitpunkt der Kontaktbetätigung, wird ein Kondensator über einen veränderbaren Widerstand aufgeladen. Die dabei an dem Kondensator erreichte Spannung U_c ist nach der Formel

$$U_c = U\left(1 - e^{-\frac{t}{CR}}\right)$$

abhängig von der Spannung U, der Kapazität des Kondensators C, dem Widerstand R, über den der Kondensator aufgeladen wird, und der Schaltzeit t des Relais. Macht man $C \cdot R = t$ bei gegebener Kondensatorgröße C durch Wahl von R, so lautet die Gleichung jetzt $U_c = U\,(1 - e^{-1})$ und $U_c = U \times 0{,}632$. Es kann also allein durch entsprechende Einstellung des Widerstandes R der Kondensator für jede Aufladungsdauer (= Schaltzeit des Relais) t auf $0{,}632 \cdot U$ aufgeladen werden. Wird nun ein zweiter, zweckmäßig gleichgroßer Kondensator von derselben Spannungsquelle über einen festen Spannungsteiler ebenfalls auf $0{,}632 \cdot U$ aufgeladen und die 2 Kondensatoren dann über ein empfindliches Instrument gegeneinander geschaltet, so kann in diesem wegen Spannungsgleichheit kein Strom fließen. Der bis zur Stromlosigkeit des Instrumentes veränderte Widerstand R im Ladestromkreis des ersten Kondensators ist somit ein direktes Maß für die Schaltzeit des Relais.

Bei Wahl der beiden Kondensatoren zu je 10 µF bedeuten je 100 Ω im Widerstand R = 1 ms; hat also z. B. bei 3650 Ω Ladewiderstand das Instrument keinen Ausschlag mehr gezeigt, so war die Schaltzeit des Relais 36,5 ms.

Das neue Meßverfahren hat also die jedem Nullverfahren eigenen Vorteile der Unabhängigkeit von Spannungsschwankungen und Eichtabellen, der einfachen Bedienung und Schnelligkeit der Messung bei einer Vielzahl gleichartiger Meßobjekte.

Am Schluß bringt der Verfasser noch die Beschreibung einer nach dem neuen Meßverfahren gebauten Einrichtung, die außer der eigentlichen Meßschaltung noch alle für den praktischen Gebrauch nötigen Schalter, Hilfsrelais und Anschlußstellen enthält.

(Bemerkung des Ber.: Das neue Meßverfahren scheint im allgemeinen die erwähnten Vorzüge, leichte und schnelle Bedienung zu gewährleisten; ihre Genauigkeit wird aber sehr von der Güte der verwendeten Kondensatoren (geringer Ladungsverlust) sowie von der Prellungsfreiheit der Kontakte des zu messenden Relais abhängen. Auch können, wie bei der Messung mit ballistischem Galvanometer, nur bestimmte Kontaktarten untersucht werden: beim Anzug r-Kontakt, beim Abfallen a-Kontakt.) *Bnz.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.755.062.9

Elektrischer Schnellschalter zur Aufzeichnung mit Kathodenstrahlröhre und Trommelkammer. [Nach E. Czerlinsky, Jb. dtsch. Luftfahrtf., II (1938) S. 376; 1 S., 1 Abb.]

Einsatz und Ende der Aufzeichnung eines bzw. mehrerer Leuchtflecke von Kathodenstrahlröhren mittels des in der Trommelkammer gespannten Filmes werden über den Spannungsabfall am Anodenwiderstand einer gasgefüllten Dreielektrodenröhre gesteuert. Hat die Röhre gezündet, so verhindert diese Spannung eine Belichtung des Filmes, indem sie den Kathodenstrahl hinreichend weit ablenkt bzw. schwächt. Dieser Anfangszustand bei Anlauf der Trommel wird durch Schließen eines Kontaktes vermittels eines mit der Trommel umlaufenden Nockens erreicht, der Kontakt verbindet Gitter-Kathode der Dreielektrodenröhre. Soll nun die Aufzeichnung erfolgen, so wird durch einen Taster die Aufladung eines Kondensators vorgenommen, dessen Entladung, die über einen zweiten Kontakt bei Nockenberührung erfolgt, im Anodenkreis der Dreielektrodenröhre einen Spannungsstoß induziert, so daß die Röhre verlöscht. Von hier an beginnt die Aufzeichnung und wird beim Durchgang des Nockens am ersten Kontakt beendet. Die Länge und Lage des belichteten Filmstreifens sind durch die Anordnung der beiden Kontakte gegeben, Einsatz und Ende der Aufzeichnung erfolgen trägheitslos bei ihrer Betätigung. Die dem Beginn der Aufzeichnung vorhergehende Kondensatoraufladung kann, wenn einmalige Vorgänge aufgezeichnet werden sollen, durch diesen Vorgang selbst ausgelöst werden, so daß die „gezielte" Aufnahme selbsttätig erfolgt. *eb.*

Lichttechnik.

DK 621.383.4.082.52 : 535.65

Photoelektrische Farbmessung. [Nach A. Dresler und H. G. Frühling, Licht 8 (1938) S. 238; 4 ½ S., 9 Abb.]

Für die objektive Bestimmung des Farbpunktes (z. B. von Lichtquellen) entsprechend den Richtlinien des Deutschen Normblattes DIN 5033 wird ein photoelektrisches Dreifarbenmeßgerät beschrieben, das aus einer Selen-Sperrschichtphotozelle mit drei vorschaltbaren Filterkombinationen besteht, die der Zelle nacheinander die spektrale Empfindlichkeit der drei Normalreizkurven geben. Diese Kombinationen sind aus Streifen von Schottfiltern zusammengesetzt, die teils nebeneinander, teils hintereinander liegen. Durch gegenseitige Verschiebung der Streifen läßt sich der spektrale Empfindlichkeitsverlauf der dahinter angeordneten Photozelle solange abgleichen, bis er dem geforderten Verlauf der betreffenden Normalreizkurve entspricht. Die Anordnung entspricht also der des Dresler'schen Filter-Photronelements[1]) für die objektive Photometrie. Die Brauchbarkeit des neuen Geräts wurde durch Vergleichsmessungen mit den subjektiven Kolorimetern von Guild und Richter[2]) an Lichtquellen der verschiedensten spektralen Energieverteilung nachgeprüft. Die Genauigkeit der Farbpunktbestimmung entspricht derjenigen der subjektiven Verfahren. Abb. 5 zeigt als Beispiel die Ergebnisse von Vergleichsmessungen für das Licht einer Glühlampe von 2800° K Farbtemperatur mit vorgesetzten Farbfiltern. Reproduzierbarkeit der Meßwerte und Empfindlichkeit gegen geringe Farbtonverschiebung sind besser als bei den subjektiven Geräten, während der Zeitbedarf für Messung und Auswertung gegenüber den letzteren beim photoelektrischen Verfahren auf etwa den zehnten Teil herabgesetzt wird. *SB.*

Abb. 5. Vergleichsmessung zwischen photoelektrischem Dreifarbenmeßgerät nach Dresler und subjektiven Kolorimetern nach Guild und Richter.

Elektrowärme.

DK 621.791.742.4

Quantitative Betrachtungen über die Elektroschweißung. [Nach J. ter Berg, Philips techn. Rdsch. 3 (1938) S. 377; 3 ½ S., 2 Abb.]

Der Verfasser untersucht schlackend umhüllte Elektroden, deren Umhüllung hauptsächlich aus Ferro- und Ferrioxyden, Quarz und Kaliwasserglas besteht, hinsichtlich der beim Abschmelzen im elektrischen Bogen entstehenden Verluste. Ähnliche Untersuchungen hat schon Meller im Taschenbuch für Elektroschweißer veröffentlicht, jedoch nur für das Niederschmelzen in Luft. Verfasser erweitert die Versuche, indem er auch noch in Druckluft, N_2 und einem Mischgas aus 75% N_2 und 25% H_2 niederschmilzt. Dabei ergibt sich: 100 g Stahlseele liefern 82,1 g Raupe in Luft, 81,7 g in N_2, 75,7 g in Druckluft und 84,1 g in obigem Mischgas. Die gefundenen Werte werden durch Entwickeln von Formeln und Berechnung der chemischen Vorgänge gestützt. Dem Elektrodenfachmann ist die ungünstige Wirkung der Eisenoxyde und -oxydule (z. B. Eisenglimmer und Eisenrot) bereits bekannt. Deshalb enthalten neuzeitliche Umhüllungsmassen solche kaum mehr, wohl aber desoxydierende (z. B. Al) und denitrierende Bestandteile (z. B. Mo und Va), die dann auch in gewöhnlicher Luft niedergeschmolzen weniger Verluste und bessere Gütewerte ergeben. Trotzdem ist die Versuchsanordnung des Verfassers wertvoll und seine Meinung, daß die Schlacke allgemein nicht gegen Oxydation schützt, begründet. Die ungünstige Einwirkung von N_2 und die günstige Wirkung von H_2 als Hülle für den Bgoen dürfte bekannt sein (Arcatom-Schweißung!). Die Spritzverluste beim Abschmelzen sind auch verschieden, z. B. je mehr C in der Metallseele, um so mehr Spritzverlust. *I. C. F.*

[1]) ETZ 54 (1933) S. 476.
[2]) ETZ 58 (1937) S. 1013.

Verkehrstechnik.

DK 621.335.43-831.1 : 625.62.004.1

Der Oberleitungsomnibus als Großstadt-Verkehrsmittel. [Nach J. H. Parker, Electr. Rev., Lond. 124 (1939) S. 119; 2 S.]

Die in London verwendeten Oberleitungsomnibusse haben 70 Sitzplätze, können also einen Straßenbahnwagen ersetzen. Der Anschaffungspreis eines solchen Wagens liegt etwa 12% höher als der der Benzinomnibusse mit 56 Sitzplätzen[1]). Die Lebensdauer des Obus ist aber erheblich größer. Die Kosten für Betriebsstoff und Fahrerlohn sind für beide Wagenarten gleich, wenn man zum Vergleich Benzinwagen heranzieht, die nur im innerstädtischen Verkehr laufen. Bezüglich der Unterhaltungskosten ist selbst unter Einschluß der Fahrleitungsanlage der Obus im Vorteil durch sein höheres Fassungsvermögen. Auf Strecken mit Steigungen ist der Hauptschlußmotor allen anderen Antriebsarten überlegen, auch kann bei Ausbleiben der Spannung oder Versagen aller anderen Bremsen noch Kurzschlußbremsung zur Erhöhung der Sicherheit vorgesehen werden. Erwähnt sei noch der erschütterungsfreie Lauf, das Fehlen der Auspuffgase und die Unabhängigkeit von eingeführten Brennstoffen. Das im Anfang häufige Abspringen der Stromabnehmer wurde durch ständige Verbesserungen an der Oberleitung und den Stromabnehmern so weit gemildert, daß heute auf 16000 Wagen-km nur eine Entgleisung der Schleifschuhe kommt. Man verwendet durch Druckknöpfe gesteuerte elektrische Weichen in der Oberleitung, die immer gleich hinter einer Haltestelle liegen, so daß der Wagen sie mit kleiner Geschwindigkeit befährt. Gleichzeitig mit der Weiche wird ein Lichtsignal am vorhergehenden Mast betätigt, das dem Fahrer des folgenden Wagens die Stellung der Weiche anzeigt. Für die Stromabnehmer haben sich Schleifschuhe mit Kohleeinlage am besten bewährt, nach etwa 1600 km muß die Kohleeinlage erneuert werden. Neue Fahrdrähte oder solche, die vorher mit Rollen befahren wurden, werden zur Glättung erst ein paar Male mit einem Stahlschleifschuh befahren und dann häufiger mit einer Graphitmasse geschmiert. Keiner der Fahrleitungsdrähte ist geerdet, beide können jedoch von auf der Strecke verteilten Steuerstellen aus über Schalter mit Erdplatten verbunden werden und so auf Erdpotential gebracht werden. Die unbedienten Unterwerke mit Gleichrichtern liegen in Abständen von höchstens 3,2 km. Etwa 800 m lange Speiseleitungen gehen von ihnen nach beiden Seiten zu den Streckenfahrleitungen. Am Ende dieser Speiseleitungen sind an einem Mast zwei Druckknopfschalter angebracht, von denen aus im Falle von Störungen durch das Fahr- oder Streckenpersonal der zugehörige Haupt-Streckenschalter ein- oder ausgeschaltet werden kann. Von hier aus kann die Strecke auch wieder unter Spannung gesetzt werden, wenn der Streckenschalter im Unterwerk bei einem Kurzschluß ausgelöst hat. Die Bewährung des Obus im großstädtischen Verkehr geht daraus hervor, daß in England bereits 1035 km Strecke mit Oberleitungsomnibussen befahren werden, davon in London[2]) allein 319 km. *Dtt.*

DK 621.335.2-832

Turbo-elektrische Lokomotive in den V. S. Amerika. [Nach Electr. Engng. 58 (1939) S. 22; ½ S., 1 Abb.]

Nach zweijähriger Bauzeit wurde kürzlich eine 3700 kW turbo-elektrische Lokomotive bei der Pazifik-Bahn dem Versuchsbetrieb übergeben. Die Lokomotive enthält zwei Turbogeneratoren von je 1850 kW, einen Hochleistungskessel für die Dampferzeugung, einen mit Dampf angetriebenen Hilfsmaschinensatz, einen Kondensator und schließlich Öl als Brennstoff. Es wird mit einem Dampfdruck von 105 atü bei 495° C gearbeitet. 12 Motoren treiben die Achsen der Lokomotive an, wobei je sechs auf einen Maschinensatz kommen. Die Geschwindigkeit wird durch Feldregelung der Hauptgeneratoren eingestellt. Als Bremse dient die elektrische Bremse. — Die Lokomotive soll imstande sein, auf der mit 22‰ Steigungen

[1]) F. Lehner, ETZ 56 (1935) S. 673.
[2]) ETZ 59 (1938) S. 972.

versehenen Strecke Chikago—Pazifik 12 Pullmanwagen mit normaler Besetzung ohne Vorspann zu befördern und dabei Geschwindigkeiten bis zu 200 km/h zu erreichen. *s.*

DK 621.333.025.1.001.24

Bemessung des Einphasen-Wechselstrom-Reihenschlußmotors bei 16²/₃, 25 und 50 Hz und des Gleichstrom-Bahnmotors. [Nach H. Kother, Elektr. Bahnen 14 (1938) S. 105, 137 und S. 190 u. 207, insges. 42 S., 27 Abb.]

Beide Aufsätze bringen zunächst ausführliche Tafeln mit den wichtigsten Berechnungs- und Konstruktionsdaten von Motoren, die im letzten Jahrzehnt gebaut wurden. Dann werden Dimensionierungsgleichungen behandelt und entwickelt, aus denen man mit Hilfe der in den Tafeln angegebenen Daten Vergleiche und Neuentwürfe durchführen kann. Zur Erleichterung dieser Arbeiten sind die wichtigsten Dimensionierungsgleichungen in Rechentafeln derart dargestellt, daß alle charakteristischen Beanspruchungen des Motors aus Leistung, Drehzahl, Polzahl, Strom oder Spannung, Anker- und Kommutatorabmessungen leicht gefunden werden. Insbesondere werden die Ankerwicklung ermittelt und die Spannungen bzw. elektromotorischen Kräfte zwischen je zwei Kommutatorlamellen gefunden (mittlere Lamellenspannung ε und Stromwendespannung e_s, beim Wechselstrommotor außerdem die transformatorische EMK e_t). An Hand der Rechentafeln werden Gleich- und Wechselstrombahnmotoren nachgerechnet bzw. entworfen und ihre Beanspruchungen miteinander verglichen. Aus den verschiedenen Dimensionierungsgleichungen werden einige Hauptgleichungen abgeleitet, mit denen man — ohne die Feinheiten des Entwurfs zu behandeln — die Hauptdaten und die wichtigsten Beanspruchungen festlegen und aufeinander abstimmen kann. Für den Wechselstrom-Reihenschlußmotor lauten diese Gleichungen:

$$\frac{N}{p} = \frac{e_s}{l_A}\frac{e_t}{f}\frac{\eta_A \cdot 10^5}{\pi\left(w\frac{p}{a}\right)^2 f_w \zeta_P} \qquad (1)$$

$$e_t = \pi f \varepsilon \frac{t_B}{v_K} = \pi f \varepsilon \frac{30}{p\,n}. \qquad (2)$$

Hierin bedeuten: N die gesamte Motorleistung in kW, p die Polpaarzahl, e_s die Stromwendespannung in V, l_A die Ankereisenlänge in cm, e_t die transformatorische EMK in V, f die Netzfrequenz, meist gleich 16²/₃, 25 oder 50 Hz, η_A den Ankerwirkungsgrad, rd. 0,97, w die Zahl der Windungen je Lamelle, a die Zahl der parallelen Ankerstromzweigpaare, f_w den Wicklungsfaktor, abhängig von der Sehnung, der Bürstenüberdeckung und der Zahl der Spulenseiten je Nut, ζ_P den Pichelmayerfaktor, d. h. die Zahl der Streu-Kraftlinien der Ankerwicklung, bezogen auf 1 A Ankerstrom und 1 cm Ankereisenlänge, ε die mittlere Lamellenspannung, berechnet aus der EMK der Drehung, dividiert durch die Zahl der Lamellen zwischen zwei Bürsten, t_B die Bürstenbolzenteilung, d. h. Abstand zweier Bürstenbolzen, auf den Kommutator reduziert in m, v_K die Kommutatorumfangsgeschwindigkeit in m/s und schließlich n die Drehzahl des Motors je min.

Gl. (1) zeigt, daß bei einem vorhandenen Motor die Polpaarleistung N/p mit dem Produkt aus Stromwendespannung e_s und transformatorischer EMK e_t zunimmt. Der höchstzulässige Wert von e_t ergibt sich im Gebiet kleiner Geschwindigkeiten aus dem von den Bürsten verarbeiteten Spannungsabfall von 3 bis 4 V, wird jedoch bei hohen Geschwindigkeiten nach Gl. (2) begrenzt, wobei ε mit rd. 16 V effektiv einzusetzen sind. Für den Gleichstrombahnmotor heißen die entsprechenden Gleichungen:

$$\frac{N}{p} = \frac{e_s}{l_A}\,\Phi\,\frac{2\cdot\eta_A\cdot 10^{-3}}{\left(w\frac{p}{a}\right) f_w \zeta_P} \qquad (3)$$

$$\Phi = \frac{0{,}93}{2}\,\varepsilon\,\frac{t_B}{v_K}\frac{10^8}{\left(w\frac{p}{a}\right)} = \frac{0{,}93}{2}\,U\,\frac{\tau_K}{v_K}\frac{10^5}{\left(w\frac{p}{a}\right)}. \qquad (4)$$

Hierin bedeuten: Φ den Hauptpolfluß in Maxwell, ε die mittlere Lamellenspannung in V, berechnet aus der Klemmenspannung U (V) des Motors, dividiert durch die Zahl der Lamellen zwischen zwei Bürsten und τ_K die Kommutatorlamellenteilung in mm.

In diese Gleichungen ist ε mit rd. 22 V einzusetzen, bezogen auf die höchste Klemmenspannung U. τ_K liegt bei 4 mm und darüber. Die Gl. (1) bis (4) zeigen die große Ähnlichkeit im Entwurf eines Gleich- und Wechselstrombahnmotors: Die Wachstumsgesetze sind genau gleich, nur die einzusetzenden Beanspruchungen haben verschiedene Größe. Am Schluß des Aufsatzes über den Gleichstrom-Bahnmotor sind die Auswirkungen der Eigenschaften von Gleich- und Wechselstrom-Bahnmotoren auf die Kennlinien von Lokomotiven behandelt. Im Anhang beider Aufsätze ist reichhaltiges Schrifttum angegeben. *Vb.*

Elektrische Antriebe.

DK 621.396.623.8

Unsichtbare Lautsprecher. [Nach H. Benecke, Telefunken-Hausmitt. 19 (1938) Nr. 79, S. 66; 6 S., 8 Abb.]

Die Aufgabe, unsichtbare oder mindestens unauffällige Lautsprecher zu schaffen, ergab sich aus Forderungen der Architekten. Für die Verwendung im Freien und größere Verstärkerleistung (bis zu 20 W) wurde der Bodenlautsprecher geschaffen, der als ein in die Erde versenkter Pilz zu beschreiben ist. Aufmerksamkeit erforderte der Schutz des Systems gegen Regenwasser und Verschmutzung. Ein System von Sieben leitet Fremdkörper und Wassertropfen an der Membran vorbei in die darunter befindliche Grube. Eine Entwässerung dieser Grube selbst ist mindestens bei den in Deutschland vorkommenden Regenhöhen unnötig, solange der Lautsprecher nicht etwa in einer Bodensenke angebracht wird. Anwendungsgebiete des Bodenlautsprechers sind besonders Festspiele und sportliche Vorführungen, deren optisch-ästhetische Wirkung wesentlich ist, und bei denen der Lautsprecher zur Schallversorgung der Mitwirkenden, aber auch der Zuschauer, ohne jede Beeinflussung des bildmäßigen Eindruckes eingesetzt werden kann.

Für Innenräume und gleichzeitig für kleinere Leistungen wurde ein Lautsprechertyp geschaffen, der flach der Wand anliegt und eine Bauhöhe von weniger als 5 cm aufweist (Flachlautsprecher). Das System ist ein dynamisches, bei dem der permanente Magnet in den Innenraum des Konus so eingebaut wurde, daß die Vorderkante des Magneten mit dem Membranrand in einer Ebene liegt. Diese oft vorgeschlagene, aber bisher nicht in die Praxis eingeführte Anordnung erwies sich dadurch als gangbar, daß hochwertiger Magnetstahl in einer Konstruktion höchster Raumausnutzung verwandt wurde. Das System selbst brachte noch nicht die angestrebte Lösung, da bei einer Befestigung unmittelbar vor der Wand mit oder ohne Schallwand die tiefen bzw. mittleren Frequenzen in starkem Maße unterdrückt wurden. Dieser „Reflexionseffekt" erklärt sich wie folgt: Die Lautsprechermembran besitzt im unteren Wiedergabebereich das Geschwindigkeitspotential eines Dipols. Wird die reflektierende Wand in bekannter Weise durch einen gespiegelten Dipol ersetzt, so ergibt sich ein Geschwindigkeitspotential, das sich von dem vorigen ebenso unterscheidet, wie das Geschwindigkeitspotential des Dipols von dem der Quelle in unendlicher Schallwand. Die unmittelbar hinter dem System liegende Wand führt also zu einer Verschärfung des Schallwandabfalles. Mit Rücksicht hierauf wurde der Lautsprecher nicht wie üblich als Strahler 1. Ordnung, sondern als Strahler 0. Ordnung, d. h. in einem allseitig geschlossenem Gehäuse angewandt. Hierbei ist dann mit und ohne reflektierende Wand die Tiefenbegrenzung nur durch die untere Resonanzfrequenz und damit durch das eingeschlossene Luftvolumen gegeben. Es zeigte sich, daß bei einer für etwa 3 W Belastung ausreichenden Membrangröße die Innenmaße des Gehäuses $50\times50\times4$ cm nicht zu überschreiten brauchten, woraus sich die endgültige Ausführung ergab. *Vb.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.396.615.078 : 621.317.733

Ein brückenstabilisierter Sender. [Nach L. A. Meacham, Bell Syst. techn. J. 17 (1938) S. 574; 17 S., 11 Abb.]

Schaltung und Theorie eines frequenz- und amplitudenstabilisierten Senders werden mitgeteilt. Der frequenzkontrollierende, in Serienresonanz arbeitende Kristall Z_4 (vergl. Abb. 6) liegt in einem Zweige einer Wheatstoneschen Brücke. Das Brückengleichgewicht wird durch den Widerstand R_1 einer im gegenüberliegenden Zweig liegenden Metallfadenlampe selbsttätig aufrechterhalten. Die Selbsterregungsbedingung des in Abb. 6 gezeigten Kreises ist gegeben durch $\mu\beta = 1$, wobei $\mu = |\mu|\,e^{i\theta}$ der Verstärkungsfaktor und $\beta = |\beta|\,e^{i\psi}$ der Dämpfungsfaktor ist. Die Dämpfung, die durch eine geringe Brückenverstimmung hervorgerufen wird, ist umgekehrt proportional der Verstärkung. Ändert sich also aus irgendeinem Grunde, etwa durch Änderung der Speisespannungen, durch Änderung der Röhreneigenschaften u. a., die Verstärkung μ

und damit die Ausgangsspannung E, so ändert sich im gleichen Sinne der Widerstand der Metallfadenlampe, welche in einem Gebiet mit großem Temperaturkoeffizienten betrieben wird. Dadurch wird mit der Abstimmung der Brücke die Dämpfung β bzw. die Brückenspannung e derart geändert, daß zunächst die Ausgangsspannung E amplitudenkonstant erhalten bleibt. Die durch den Kristall ausgeübte Frequenzkontrolle ergibt sich aus der Forderung entgegengesetzt gleicher Phasen für den Dämpfungs- und Verstärkungsfaktor. Das Vektorbild der Brücke zeigt, daß einer verhältnismäßig großen Phasenänderung des Verstärkungsfaktors nur eine sehr kleine Phasenänderung der

Abb. 6. Schaltbild des Senders.

Kristallimpedanz Z_4 und damit nur eine geringe Abweichung von der Resonanzfrequenz entspricht. Die Theorie ergibt für die relative Frequenzänderung bei Änderung von μ und Θ, wenn noch die Widerstände R_1 bis R_6 gleich groß sind, die Ausdrücke

$$\left.\frac{\mathrm{d}f}{f}\right|_{|\Theta|} = \frac{8}{Q\,(|\mu| + 8)}\,\mathrm{d}\Theta$$

und

$$\left.\frac{\mathrm{d}f}{f}\right|_{|\mu|} = -\frac{8\,\Theta}{Q\,(|\mu| + 8)^2}\,\mathrm{d}|\mu|.$$

Dabei ist $Q = \frac{\omega L}{R} = \sim 10^5$ der Gütefaktor des Kristalls. Man erkennt, daß die Stabilisierung um so besser ist, je größer die Güte des Kristalls und je höher der Verstärkungsfaktor ist. Daher lassen sich durch Erhöhung der Verstärkung (z. B. durch Verwendung mehrerer Stufen) die Spannungs-, Schaltungs- und äußeren Einflüsse auf die Frequenz des Senders soweit erniedrigen, daß sie gegen die Änderungen des bestmöglich montierten Kristalls zu vernachlässigen sind. Für eine Verstärkung $|\mu| = 400$ und $Q = 10^5$ ergibt sich bei $\pm$ 10%iger Verstärkungsänderung und $\pm$ 6° Phasenänderung eine relative Frequenzänderung von $2{,}17 \cdot 10^{-8}$ bzw. von $2{,}36 \cdot 10^{-8}$. Diese errechneten Werte stehen in guter Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen an einem einstufigen brückenstabilisierten Sender, welcher bei Anodenspannungs- und Heizspannungsänderungen zwischen 120 bis 240 V bzw. 8 bis 10 V eine Frequenzänderung von weniger als $2 \cdot 10^{-8}$ zeigte. Da die Amplitudenbegrenzung des brückenstabilisierten Senders nicht durch Nichtlinearität der Kennlinie erzeugt wird, ist die Oberwellenbildung sehr klein. Dementsprechend lag der gemessene Oberwellengehalt 70 bis 80 *db* unter der Grundwelle. Am Schluß der Arbeit werden die günstigen Erfahrungen bei der Verwendung dieses einfachen stabilisierten Senders als Zeitgeber bei geophysikalischen Untersuchungen mitgeteilt, wobei besonders ungünstige Stromversorgungs- und Temperaturverhältnisse und starke Erschütterungen vorlagen. *Gkf.*

DK 621.394 (44)

Die neuere Entwicklung der Telegraphie in Frankreich. [Nach J. Bessyre, Ann. Post. Télégr. Téléph. 27 (1938) S. 505; 21 S.]

Der Verfasser gibt in der Arbeit einen Überblick über die neue Entwicklung der Telegraphie in Frankreich in technischer und betrieblicher Hinsicht auf Grund der übertragungs- und apparattechnischen Fortschritte der letzten Zeit.

Nach einer allgemein verständlichen Erläuterung des Wesens der Mehrfachausnutzung von Leitungen durch die Wechselstromtelegraphie, wird die z. Z. abgeschlossene Umbildung des französischen Telegraphennetzes entsprechend dem neuen Übertragungsverfahren beschrieben. Für die Neugestaltung sind die bekannten Grundsätze — Zusammenfassung des Verkehrs auf den zwischen den wichtigsten zu Netz- und Knotenpunkten ausgestalteten großen Orten — maßgebend gewesen. Im Zusammenhang mit der Beschreibung der Betriebsstellen und der Dienstabwicklung an diesen Knotenpunkten finden die Nachteile Erwähnung, die der bei solcher Netzgestaltung unvermeidliche umfangreiche Durchgangsverkehr mit sich bringt und die sich trotz Verwendung neuzeitlicher Förderanlagen außerordentlich verzögernd auf die Übermittlung auswirkt.

Anschließend betrachtet der Verfasser die Möglichkeiten, die die verhältnismäßig billige Schaffung von Leitungsbündeln durch die Wechselstrommehrfachtelegraphie bietet und die ganz andere Wege öffnen als etwa eine Kanalbildung, wie sie der Baudotapparat ermöglicht. Voraussetzung hierfür ist die Abkehr vom Standbetrieb mit seinen zwischen bestimmten Endpunkten fest geschalteten Verbindungen und die Verwendung einheitlicher Telegraphengeräte.

Nach einer kurzen Beschreibung der Springschreibergeräte, die keinen Dauergleichlauf benötigen und daher ohne gegenseitige Einreglung nach Herstellung eines für die telegraphische Zeichenübertragung geeigneten Verbindungsweges sofort die Nachrichtenübermittlung bei einfachster Bedienungsweise aufnehmen können, werden die Fragen behandelt, die sich auf die Angleichung der Betriebsweisen der Telegraphie an die des Fernsprechers beziehen. Es folgt eine Zusammenfassung der technischen Bedingungen für eine solche Telegrammübermittlung mit Verbindungsaufbau an Stelle der bisherigen Übermittlung über Teilstreckenverbindungen, die häufiges Umtelegraphieren verlangt. Über die Verwendungsmöglichkeit selbsttätiger Vermittlungseinrichtungen sind z. Z. noch Untersuchungen im Gange.

Die zweckmäßige Art der Durchführung eines Fernschreibteilnehmerdienstes ist ebenfalls Gegenstand der Prüfung seitens der Telegraphenverwaltung wie die Bereitstellung von Fernschreibmietverbindungen besonders hinsichtlich der Gebührenfragen. Die Fortschritte des Teilnehmerdienstes in Deutschland, England, Holland, Belgien, der Schweiz und Dänemark und seine große Ausdehnung in den V. S. Amerika werden erwähnt.

Die Mehreinnahmen der Telegraphie in Frankreich im Jahre 1937 gegenüber 1936 werden auf die neuzeitliche und zweckmäßige Ausgestaltung des Telegraphendienstes zurückgeführt.

Anmerkung des Berichters: Vom deutschen Standpunkt aus würde ein baldiger Ersatz des Baudotapparates durch den Springschreiber im zwischenstaatlichen Dienst und die Ausdehnung des europäischen Fernschreibdienstes auch auf ein in Frankreich zu schaffendes Fernschreibteilnehmernetz begrüßt werden. *rng.*

DK 621.395.823.013.71/.72

Störungen von Fernsprechleitungen durch Mittelspannungsleitungen. [Nach H. W. Wahlquist und T. A. Taylor, Electr. Engng. 57 (1938) Trans. Sect. S. 613; 9 S., 9 Abb.]

Die Arbeit behandelt die besonderen Schwierigkeiten, die sich in schwach besiedelten Gebieten dadurch ergeben, daß aus wirtschaftlichen Gründen weder die Fernsprech- noch die Starkstromleitungen (2,4 bis 13 kV) mit der sonst üblichen Symmetrie hergestellt werden können. Es kommen sogar beiderseits Leitungen mit Erdrückleitung vor; starkstromseitig handelt es sich dabei z. B. um Abzweigungen nur einer Phase und des Nulleiters von einer Drehstromleitung mit fest geerdetem Sternpunkt oder um einen einphasig über einen Umspanner angeschlossenen Abzweig, dessen einer Leiter vielfach geerdet wird. Für die Störungen sind daher in der Regel die homopolaren Komponenten, besonders des Stromes, maßgebend; in Tafeln werden mittlere Werte von Störspannung und Störstrom mitgeteilt. Aus einer Erörterung des Zusammenwirkens der verschiedenen Anteile des Störstroms in Abhängigkeit von der Art der Erdung der Hochspannungsleitung einerseits, der Auswirkung des elektrischen und magnetischen Feldes in den verschiedenen Fernsprechleitungen anderseits werden Vorschläge für Maßnahmen abgeleitet: Starkstromseitig kommen Verbesserungen der Kurvenform (z. B. durch Querkapazitäten) und der Symmetrie (z. B. durch gleichmäßige Verteilung der Belastung) in Frage, schwachstromseitig Übergang zu Doppelleitungen, deren Kreuzungen den Verdrillungen der Drehstromleitung anzupassen sind, sowie Verbesserung der Schaltungssymmetrie. Bei Störungen durch das elektrische Feld können auch Ableitungsspulen Abhilfe schaffen, bei Störungen durch das magnetische Feld gekoppelte Längsdrosseln, das sind z. B. Übertrager, von denen je eine Wicklung im a- und b-Zweig so

geschaltet wird, daß der Widerstand für die induzierten Längsströme hoch, für die in der Schleife fließenden Sprechströme klein ist. *Kl.*

DK 620.191.2.001.42 : 621.315.23

Versuche über Rostschutz in Kabelschächten. [Nach H. Bender, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 27 (1938) S. 332; 5 S., 8 Abb.]

Rostschutzschäden treten an den Eisenteilen der Kabelschächte in bemerkenswertem Maße auf, so daß eine zwingende Notwendigkeit für ihre Bekämpfung besteht. In gewissem Sinne ist es auch gelungen, die Schäden einzudämmen. Aber völlig befriedigend sind die Versuche nicht gewesen. Es erscheint daher zweckmäßig, die Korrosionsvorgänge einmal systematisch zu untersuchen, um hieraus Schlüsse für die restlose Bekämpfung der Schäden ziehen zu können. Ausgehend von den Theorien der Korrosion, nach denen das Kohlendioxyd der Luft, ferner Wasserstoffsuperoxyd und schließlich elektrische Vorgänge für die Zersetzungen der Eisenteile herangezogen wurden, hat der Verfasser drei Wege für die Rostbekämpfung aufgeführt:

1. Untersuchung und Beeinflussung der Atmosphäre, in der die Korrosion auftritt.
2. Aufbringen äußerer Schutzmittel auf die gefährdeten Metalle.
3. Einwirkung auf die elektrochemischen Vorgänge durch äußere Stromquellen.

Zu 1. Das Klima ist für die Art und die Geschwindigkeit der Rostbildung ausschlaggebend. Eine rostarme Atmosphäre müßte geringe relative Feuchtigkeit aufweisen, von fremden Gasen frei sein und so geringe Temperaturschwankungen haben, daß der Kondensationspunkt für die Wasserbildung nie eintreten kann. Dieser Zustand der Atmosphäre ist z. B. auf hohen Bergen beobachtet worden, wo Eisenteile kaum Spuren der Korrosion aufweisen.

Derartige Verhältnisse liegen in den Kabelschächten natürlich nicht vor. Der Verfasser unternimmt es nun, an einer Reihe von Schächten Untersuchungen über Luftfeuchtigkeit und Temperatur, die für die Korrosion in der Hauptsache in Frage kommen, anzustellen. Es wurden für die Messungen selbsttätig registrierende Thermo-Hydrographen benutzt. Drei größere Schächte mit drei Platten und ein kleinerer Schacht mit zwei Platten wurden untersucht. Die Ergebnisse sind je nach der Lage des Schachtes verschieden. Es lassen sich deutlich die Ursachen für das verschiedene Verhalten der Atmosphäre in den Schächten erkennen. Der Verfasser kommt zu dem Schluß, daß eine Beeinflussung des Schachtklimas zur Korrosionsbekämpfung möglich ist und schlägt vor, entweder eine Trocknung mit hygroskopischen Stoffen oder auch künstliche Erwärmung unter Benutzung eines Starkstromnetzes oder von Heißluft aus technischen Betrieben herbeizuführen.

Zu 2. Bei der Untersuchung der Rostschutzmaßnahmen durch Anstrichmittel wurde besonders eine starke Korrosion der Kabelhaltebleche in den Schächten beobachtet. Der Schutzanstrich der Bleche ist oft beschädigt oder wird durch die Schwingungen des Kabels schadhaft. Dann liegt Eisen auf Blei. Bei Anwesenheit von Wasser ist eine Elementbildung gegeben, die zu schneller Zersetzung des Eisens führt. Abhilfe kann durch Zwischenlage einer isolierenden Schicht, wie vorbehandelte Pappe, imprägniertes Holz oder einen der neuen Preßstoffe erfolgen.

Zu 3. Eine Beeinflussung der elektrochemischen Vorgänge durch äußere Stromquellen kann nur da herbeigeführt werden, wo die zu schützenden Teile durch Aufdrücken eines gerichteten Stromes zur Kathode gemacht werden, sofern nicht durch Zwischenlage einer Isolierschicht die Korrosionsursache einfacher beseitigt werden kann. *Kbr.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 621.332.31.025.1 : 537.212

Beobachtungen an Nebel im elektrischen Wechselfeld. [Nach G. Escherich, Elektr. Bahnen 14 (1938) S. 247; 7 S., 12 Abb.]

Auf Bahnanlagen, welche auch für elektrischen Betrieb eingerichtet sind, tritt mitunter eine eigenartige Erscheinung auf[1]): Dampfwolken, von Lokomotiven stammend, erscheinen dem Beobachter in einem mehr oder weniger deutlich ausgeprägten, schwer zu beschreibenden Flimmern.

Unter großen Schwierigkeiten konnte diese Erscheinung im Laboratorium künstlich hergestellt werden. Es zeigte sich dabei, daß sie weder mit Dampf noch mit Rauch allein hervorzurufen ist; es gelingt vielmehr nur mit einem Gemisch beider. Ferner stellte es sich heraus, daß nicht jeder Rauch geeignet ist, sondern nur solcher von ganz bestimmten Brennstoffen. Bei Verwendung dieser tritt die Erscheinung aber auch nur dann auf, wenn bei frischer Beschickung der Feuerung der Brennstoff nicht in offener Flamme, sondern im wesentlichen schwelend verbrennt.

Die Erklärung der Erscheinung ist folgende: Bei schwelendem Brand der Steinkohle entstehen Dämpfe hochsiedender Teeröle. Diese verlassen zusammen mit Wasserdampf den Schlot der Maschine. Die Kondensate der Teerdämpfe und die Tröpfchen des Wassernebels setzen sich zu gemeinsamen Tropfengebilden zusammen, welche in Größe normaler Nebeltröpfchen die Form zweier oder mehrerer zusammenhängender Seifenblasen haben.

Ein solcher Körper erfährt im elektrischen Felde infolge seiner Unsymmetrie im allgemeinen ein Drehmoment. Da nun aber sowohl die Brechungsindices als auch die Oberflächenkrümmungen der einzelnen Kugelhauben voneinander verschieden sind, so läßt sich durch gleichzeitige Drehung vieler solcher im Felde geordneter „Doppeltropfen" die beobachtete Erscheinung als periodische Beeinflussung des durchgehenden und des reflektierten Lichtes ohne weiteres erklären. — Die Frequenz des Flimmerns ist diejenige des zur Verwendung gelangenden Wechselstromes, im Bahnbetrieb normalerweise $16^2/_3$ Hz. Die Abhängigkeit der Erscheinung von der Feldrichtung wurde eindeutig durch die Anwendung statischer Felder erwiesen. Aus dieser Tatsache geht klar hervor, daß die Doppeltropfen Träger eines elektrischen Momentes sein müssen. Daß die in der Luft vorhandenen Ionen, welche bekanntlich als Kondensationskerne wirken, für die Entstehung dieses Momentes ausschlaggebend sind, erscheint äußerst unwahrscheinlich. Vielmehr wurde durch genaue Untersuchung festgestellt, daß elektrische Doppelschichten als Träger des elektrischen Momentes in Betracht kommen. Solche Doppelschichten treten bekanntlich an der Berührungsfläche zweier verschiedener Flüssigkeiten auf.

Erwähnt sei noch, daß die Erscheinung auch bei wesentlich höheren Frequenzen auftritt. So konnte sie, auf photo-elektrischem Wege, selbst bei einer Frequenz von 8000 Hz noch einwandfrei nachgewiesen werden. *Vb.*

[1]) ETZ 43 (1922) S. 1310.

Physik.

DK 537.311.31

Abhängigkeit des spezifischen Widerstands des Platins vom Drahtdurchmesser. [Nach L. Riedel, Ann. Phys., Lpz. 33 (1938) 5. Folge, S. 733; 4 S.]

Frühere Messungen von Reuter über das Widerstandsverhalten von Platindrähten mit abnehmenden Durchmessern zeigten, daß der Widerstand außerordentlich stark ansteigt. Diese Eigenschaft ist sehr überraschend und kaum erklärlich; ferner ist es sehr merkwürdig, daß dieser Effekt der Meßtechnik verborgen blieb, obwohl Platindrähte seit ältester Zeit her fur thermometrische Zwecke verwendet werden. Eine weitere Unstimmigkeit aus den Reuter'schen Messungen ergab sich für die freie Weglänge der Elektronen, die nach Reuter $3700 \cdot 10^{-7}$ cm beträgt gegenüber den schon großen Werten von Silber $57 \cdot 10^{-7}$ cm. Hier besteht also eine Unstimmigkeit zwischen den Ergebnissen der Messungen an dünnen Schichten bzw. an dünnen Drähten. Aus diesem Grunde untersuchte Riedel Platindrähte von 15,7 μDmr., die vorher gut präpariert waren. Die Widerstandsmessungen wurden mit einem empfindlichen Differentialgalvanometer ausgeführt, und ergaben zunächst, daß die von Reuter mitgeteilte Widerstandserhöhung um fast 20% nicht vorhanden ist. Im Gegenteil, es stimmen die bereits bekannten Werte, wie sie in den bekannten Tafeln von Hennig zu finden sind. Auch für die freie Weglänge trifft der früher gefundene Wert zu, der auch nahezu anderen Edelmetallen eigen ist. Interessant war noch bei diesen Versuchen das Ergebnis, daß 1,5 Std. bei Rotglut getemperte Drähte eine schlechtere Leitfähigkeit als solche von 2,5 Std. besaßen. Auch die nach Reuter geforderte geringe Leitungselektronenzahl, wie sie für Wismut charakteristisch ist, wird durch obige Messungen widerlegt und Platin zeigt durchaus normales Verhalten. *Hsr.*

FÜR DEN JUNGINGENIEUR.

Abhängige und unabhängige Überstromzeitrelais.

Von F. Fröhlich VDE, Berlin.

DK 621.316.925.43

*Übersicht**). Der Aufsatz gibt einen Überblick über neuzeitliche Überstromrelais. Die Arbeitsbedingungen für diese Relais werden zusammengestellt und die wichtigsten Bedingungen erläutert.

Für den Schutz von Hochspannungsanlagen, d. s. Generatoren, Transformatoren, Kabel- und Freileitungsnetze, bei Kurzschluß, können zwei grundsätzlich verschiedene Schutzsysteme angewendet werden: der Vergleichsschutz oder der Zeitstaffelschutz. Beim Vergleichsschutz werden zwei elektrische Größen, z. B. die Ströme am Beginn und Ende einer Leitung auf irgendwelche Weise miteinander verglichen und, wenn Unterschiede nach Größe oder Phasenlage bestehen, die Abschaltung der Anlageteile ohne Verzögerung veranlaßt. Die Vergleichsrelais aller gesunden Teile der Anlage sprechen dabei nicht an. Der Fehler wird in kürzester Zeit beseitigt. Soll die gleiche Aufgabe mit einem Zeitstaffelschutz gelöst werden, so sind allen Leistungsschaltern der Anlage Zeitrelais beizuordnen, die nur im Störungsfalle zum Ablauf angeregt werden, und deren Laufzeit so von Schalter zu Schalter gestaffelt ist, daß die der Störungsstelle am nächsten liegenden Schalter zuerst zur Auslösung kommen. Versagt ein Schalter oder ein Relais, so ergibt sich zwangsläufig aus dem Prinzip der Zeitstaffelung, daß der nächstfolgende Leistungsschalter die Abschaltung vorzunehmen hat. Diese Eigenschaft, die als Reservestellung bezeichnet wird, ist es hauptsächlich, die den Zeitstaffelschutz als Grundschutz in jedem Netz notwendig macht. Sie ist auch die Ursache dafür, daß im praktischen Betriebe vorwiegend der Zeitstaffelschutz genommen wird und daß einem Vergleichsschutz stets noch ein Zeitstaffelschutz überlagert werden muß.

Die Relais, mit denen ein Zeitstaffelschutz ausgeführt werden kann, sind Überstromzeitrelais oder widerstandsabhängige Zeitrelais, sog. Distanzrelais. Für die Anwendung der einen oder anderen Relaisform ist die Gestalt des zu schützenden Netzes — strahlenförmig oder vermascht — maßgebend. Hier sollen nur Überstromzeitrelais behandelt werden[1]).

Überstromzeitrelais sind als „abhängige oder unabhängige" Überstromzeitrelais im Gebrauch. Abb. 1 zeigt unter a bis d die entsprechenden Kennlinien, Abb. 2 a bis 2 d die Ansicht einiger Relais.

Ändert sich die Laufzeit mit dem Strom, so bezeichnet man das Relais als „abhängiges", im anderen Falle als „unabhängiges" Überstromzeitrelais. Für einen einfachen Zeitstaffelschutz sind nicht unbedingt Überstromzeitrelais nötig, es können auch sogenannte Primärauslöser, die direkt an die Leistungsschalter angebaut sind, verwendet werden. Diese Auslöser gewährleisten jedoch im allgemeinen nicht eine ausreichende Genauigkeit für einen einwandfreien Zeitstaffelschutz.

Zur Beurteilung der Eigenschaften von Überstromzeitrelais werden zweckmäßig das Anregeglied und das Ablaufglied getrennt behandelt.

Das Anregeglied ist meist ein Überstrommagnet mit Stromeinstellung, der bei Erreichen des Ansprechstroms einen Kontakt betätigt. In der nachfolgenden Tafel sind alle Forderungen zusammengestellt, die an Anregeglieder gestellt werden müssen:

Forderungen	Begründung
1. kurze Eigenzeit, ohne Prellungen bei der Kontaktgabe	geringe Streuung der Laufzeit des Ablaufgliedes
2. großer Einstellbereich	weitgehende Anpassung an den Betriebsstrom
3. kräftiger Kontakt	große Schaltleistung
4. kleiner Eigenverbrauch	geringe Belastung der Stromwandler
5. kleines Halteverhältnis	Vermeidung von Fehlauslösungen
6. Wicklung hoch belastbar	volle Ausnutzung des Einstellbereichs
7. Schauzeichen	Ansprechkontrolle

a abhängig — c unabhängig
b begrenzt abhängig — d stufenförmig

Abb. 1. Grundsätzlicher Verlauf der Zeitkennlinien von Überstromzeitrelais.

Eine weitere Erläuterung soll hier nur für die fünfte Forderung nach einem kleinen Halteverhältnis gegeben werden. Mit Halteverhältnis wird das Verhältnis: „Ansprechstrom zu Rückgangstrom" bezeichnet, das stets größer als 1 ist. Es ist abhängig von der Ausführung des Magneten als Dreh-, Topf- oder Tauchanker und im wesentlichen bedingt durch den verschiedenen Verlauf der Zugkraftkennlinie des Magneten und der Gegenkraft. Die erstere ändert sich nahezu quadratisch mit dem Ankerweg, während die Federkraft nur linear zunimmt. Dadurch ergibt sich am Ende der Ankerbewegung ein Überwiegen der Magnetzugkraft gegenüber der Federkraft, so daß zur Veranlassung des Ankerrückganges die Magnetzugkraft bzw. der Strom herabgesetzt werden muß, um das Gegenmoment der Feder größer als die Magnetzugkraft werden zu lassen.

Ist das Halteverhältnis groß, etwa 1,5 oder größer, so ergeben sich leicht Fehlauslösungen bei Kurzschlüssen, die ein gesamtes Versorgungsnetz stromlos machen können (vgl. Abb. 3). Das Überstromzeitrelais R mit Zeiteinstellung 4 s hat z. B. ein Halteverhältnis von 1,5. Bei Einstellung auf 6 A erfolgt also der Ankerrückgang auf 4 A. Die Leitung werde bei dem an-

*) Vortrag, gehalten am 13. 1. 1938 vor den Jungingenieuren des VDE Bezirk Berlin (Arbeitsgemeinschaft „Allgemeine Elektrotechnik"). Der einleitende Vortrag von H. Callies VDE ist in H. 48 der ETZ 59 (1938) S. 1309 veröffentlicht.

[1]) Über Distanzrelais und Relais für Vergleichschutz wird später berichtet.

genommenen Fehler nach 1 s in der letzten Station abgeschaltet, es folge dem Kurzschluß ein erhöhter Laststrom, der in unserem Beispiel sekundär 5 A betragen soll. Da der Anker erst bei 4 A zurückgeht, läuft also das Ablaufglied des Relais *R* nach Abschaltung des Kurzschlusses noch weiter und schaltet nach 4 s das gesamte Abnehmernetz von der Zentrale ab. Bei wichtigen Anlagen sollen deshalb möglichst nur Anregerelais mit Halteverhältnis 1,1 bis 1,15 verwendet werden.

Das wichtigste Element eines Überstromzeitrelais ist das Ablaufglied, das für die Auslösezeit maßgebend ist. Es werden verschiedene Systeme als Ablaufglieder benutzt, z. B. Ankerhemmwerke, Bi-Metallstreifen oder Motorlaufwerke. Die häufigste Ausführung des Ablaufgliedes bei unabhängigen Überstromzeitrelais ist das Ankerhemmwerk. Einen Einblick in die Arbeitsbedingungen für Ablaufglieder gibt die nachfolgende Aufstellung:

Forderungen	Begründung
1. geringe Streuung	kleine Staffelzeit
2. kurze Rückstellzeit	Einhaltung der Staffelzeit bei schnell aufeinander folgenden Fehlern
3. Dauereinschaltung	Sicherheit bei Schalterversagern
4. kräftiger Kontakt	ausreichende Schaltleistung
5. geringer Verbrauch	Schonung der Kontakte des Anregerelais bzw. billige Stromwandler
6. große Einstellskala	genaue Einstellung
7. Schauzeichen	Ansprechkontrolle (Schleppzeiger)

Von den vorgenannten Forderungen ist die erste nach geringer Streuung die wichtigste, weil davon die Dauer der Kurzschlüsse bzw. die Staffelzeit zwischen den in einem Leitungszuge hintereinander liegenden Schaltern abhängig ist. Mit neuzeitlichen unabhängigen Überstromzeitrelais kann eine Staffelzeit von 0,5 s zwischen zwei Schaltern sicher eingehalten werden.

a dreipoliges unabhängiges Überstromzeitrelais

b zweipoliges abhängiges Überstromzeitrelais

c einpoliges unabhängiges Überstromzeitrelais

d dreipoliges unabhängiges Überstromzeitrelais

Abb. 2. Ausführungen von Überstromzeitrelais.

Abnehmer

A, B, C Netzstationen

Abb. 3. Verteilungsnetz mit unabhängigem Überstromzeitrelais.

Die Relais werden entweder in zwei oder in allen drei Leitern des Drehstromnetzes angeordnet. Für den Schutz von Leitungen genügt die zweipolige Ausrüstung, dagegen sollen Transformatoren und Generatoren stets dreipolig geschützt werden.

Bei der zweipoligen Ausrüstung muß beachtet werden, daß im gesamten geschützten Leitungszuge in allen Stationen die Stromwandler, an die die Relais angeschlossen sind, in den gleichen Phasenleitern liegen, andernfalls ist die Möglichkeit zu Fehlauslösungen bei Doppelerdschluß gegeben.

A, B Anregeglieder
a, b Kontakte der Anregeglieder
H Auslöserelais
h Kontakt des Auslöserelais
K Ablaufglied
k Kontakt des Ablaufgliedes
W Zwischenwandler

Abb. 4. Überstromzeitrelais für Wandlerstromauslösung.

Die Auslösung der Leistungsschalter nach dem Ansprechen der Relais kann entweder mittels einer vom Netz unabhängigen Hilfsstromquelle — einer Gleichstrombatterie — oder ohne Hilfsstrom, vom Stromwandler aus, erfolgen. Die Gleichstromauslösung ist die zumeist übliche. Die Wandlerstromauslösung erfordert einen leistungsfähigen Stromwandler. Es sind etwa 30 VA in Kl. 3 nötig, um das Anregeglied, das Zeitglied und den Auslösemagneten am Leistungsschalter zu betätigen.

Abb. 4 zeigt die Schaltung eines abhängigen Überstromzeitrelais für Wandlerstromauslösung mit Ruhekontakten. Bei der gezeigten Sparschaltung sind 2 Stromwandler, 2 Anregeglieder und nur ein Ablaufglied erforderlich. Bei einem dreipoligen Fehler sprechen zunächst die Anregemagnete *A*, *B* an und betätigen die zugehörigen Kontakte *a*, *b*. Über den Kontakt *b*, der ohne Unterbrechung umschaltet, wird der Strom des Phasenleiters *R* für den

Zeitablauf unwirksam gemacht. Der Stromkreis des Wandlers T schließt sich durch die Wicklungen des Ablaufsystems K und des Zwischenstromwandlers W über den noch geschlossenen Kontakt h und den Kontakt b. Nach dem Zeitablauf wird der Kontakt k geschlossen und nach dem Ansprechen des Zwischenrelais H der Kontakt h geöffnet. Damit wird der Auslösemagnet eingeschaltet und der Leistungsschalter ausgelöst. Die Ruhekontakte müssen ausreichend bemessen sein, da sonst schon nach wenigen Schaltungen Schwierigkeiten auftreten, besonders dann, wenn die Sekundärströme sehr groß sind und der Auslösemagnet am Leistungsschalter einen hohen Eigenverbrauch hat. Bei nahezu allen gebräuchlichen Relais sind auf Grund der Erfahrungen richtig bemessene Kontakte vorgesehen. Schaltungen für Wandlerstromauslösung können auch mit Arbeitskontakten an den Relais ausgeführt werden.

Abb. 5. Zeitkennlinien eines Stufen-Überstrom-Zeitschutzes a, b, c, d Netzstationen.

Unabhängige Überstromzeitrelais werden ohne Ausnahme an allen Generatoren und großen Transformatoren vorgesehen, ferner in allen strahlenförmig betriebenen Netzen an den Ausgangsschaltern der Stationen (Abb. 3).

Abhängige Überstromzeitrelais können in gleicher Weise wie unabhängige Relais in strahlenförmigen Netzen angewendet werden, besonders wenn die Stromwandlerübersetzungen zum Leitungsende abfallend gestaffelt sind. Im Ausland wird von dieser Möglichkeit mehr Gebrauch gemacht als im Inland. Nachteilig zeigt sich beim Leitungsschutz mit abhängigen Relais, daß die Laufzeiten verschieden sind bei verschieden großem Kurzschlußstrom und gleicher Fehlerstelle, d. h. wenn im Nacht- und Tagbetrieb verschieden große Maschinenleistungen den Fehler speisen. Bei parallelen Leitungen ist es möglich, mit abhängigen Relais einen selektiv wirkenden Schutz einzurichten, wenn mindestens 3 parallele Leitungen vorhanden sind. Zumeist werden abhängige Relais in Stichleitungen bzw. Netzausläufern verwendet oder auch zum Schutze von großen Motoren, im letzteren Falle gegebenenfalls mit einer Anlaufsperre.

Ein wirkungsvoller Schutz von Leitungen mit unabhängigen Überstromzeitrelais kann durch den von M. Walter angegebenen Stufen-Überstromzeitschutz[2]) erreicht werden (Abb. 5). Durch Anordnung von 2 Anregegliedern je Leiter und 2 Zeitrelais an jedem Schalter, die auf verschiedene Werte eingestellt werden, ist es möglich, die Auslösezeiten auf etwa 80% der geschützten Leitungsstrecken auf nahezu Null herabzusetzen. Voraussetzung ist dabei, daß die Speisung von Kurzschlüssen mit konstanter Maschinenleistung erfolgt. Diese Bedingung ist in sehr vielen Fällen erfüllt, im besonderen in solchen Netzen, die von einem übergeordneten Netz mit hoher Leistung gespeist werden, so z. B. in einem 6 kV-Netz, das an ein 30 kV-Netz angeschlossen ist.

[2]) M. Walter, ETZ 55 (1934) S. 206.

Abb. 6. Thermisches Überstromzeitrelais mit schlagartiger Kontaktgabe.

Abhängige Überstromzeitrelais mit thermischer Verzögerung sind hauptsächlich für den Schutz von Motoren und kleineren Transformatoren geeignet. Die Kennlinie dieser Relais entspricht etwa derjenigen der bekannten Motorschutzschalter in Niederspannungsnetzen. Eine Schnellauslösung bewirkt bei Kurzschluß eine unverzögerte Abschaltung.

Zur Verzögerung dienen meist Bi-Metallstreifen mit Temperaturkompensation. Eine neuartige Ausführung eines thermischen Überstromzeitrelais (Abb. 6) hat schlagartige Kontaktbetätigung beim Ansprechen und beim Rückgang des Bi-Metallstreifens und zeichnet sich daher durch bessere Kontaktgebung bei höherer Schaltleistung aus.

Zusammenfassung.

Die stetig laufende Entwicklung auf allen technischen Gebieten hat auch zu Änderungen der „einfachen" Schutzrelais — der abhängigen und unabhängigen Überstromzeitrelais — geführt. Die Verbesserungen hatten als Ergebnis eine erhöhte Genauigkeit der Ansprech- und Ablaufglieder bei Verringerung des Eigenverbrauchs und eine Steigerung der Betriebssicherheit. Ferner wurde bei vielen Relais eine Ansprechkontrolle in Form von Fallklappen, Schleppzeigern oder Ansprechzählern vorgesehen. Damit sind auch diese Relais den gesteigerten Forderungen des Anlagenschutzes angepaßt. Sie tragen mit dazu bei, die Sicherheit der Stromlieferung zu erhöhen.

Gehäuseformen von Gleichstrom- und Hochfrequenzmaschinen der Gleichpolbauart.

Von K. Bätz VDE, Berlin.

DK 621. 313. 2–212

Übersicht. An Hand von Beispielen werden die Überlegungen dargestellt, die zu den verschiedenen Bauformen der Gehäuse für Gleichstrommaschinen und für Hochfrequenzmaschinen der Gleichpolbauart führten. Einige typische Gehäusekonstruktionen werden beschrieben.

Die Urform der elektrischen Maschine besteht aus einem umlaufenden mit Spulen bewickelten Anker und einem stillstehenden Magnetsystem. Das Magnetsystem, in dem der Anker rotiert, wird gebildet aus ein oder mehreren Polpaaren und dem zum magnetischen Kreis notwendigen ringförmigen Magnetjoch (Abb. 1). Diese Form hat sich bekanntlich bei den Gleichstrommaschinen fast unverändert erhalten. Die Hauptaufgaben des Gehäuses einer Gleichstrommaschine sind gegenüber denen des Wechselstromgehäuses folgende:

Das Gehäuse ist als Magnetjoch ein wichtiger Teil des Magnetsystems und ist daher für den Kraftfluß ausreichend zu bemessen. Die Pole des Magnetsystems wer-

den an ihm befestigt. Es dient als Befestigungsmittel der Maschine auf dem Fundament bzw. an einer Wand und ist Träger der Lagerschilde, soweit solche verwendet werden. In einem bestimmten Größenbereich trägt es den Bürstenapparat. Das Magnetgestell muß ebenso wie das Gehäuse der Wechselstrommaschine so kräftig ausgebildet sein, daß im Betriebszustand keine Änderung des Luftspaltes zwischen Anker und Polen auftreten kann.

Der für den magnetischen Kraftfluß erforderliche Querschnitt reicht im allgemeinen aus, um dem Gehäuse eine ausreichende Steifigkeit zu geben. Bei größeren Gehäusen, etwa über 1000 mm Dmr., ist jedoch eine Kontrolle der Steifigkeit erforderlich, die ähnlich wie bei den Wechselstromgehäusen durch Vergleichsrechnung mit ausgeführten Magnetgestellen ausgeübt wird. Glöckner gibt nachstehende Formel für solche Vergleichsrechnung an:

Abb. 1. Grundsätzlicher Aufbau der Gleichstrommaschine.

Trägheitsmoment des schwächsten Querschnittes:

$$I = \frac{0,58}{E} \cdot D^2 \cdot l \cdot r_s^2 \quad \text{(in cm}^4\text{)}.$$

Hierin ist: D der Ankerdurchmesser in cm, l die Blechpaketbreite ohne Luftschlitze in cm und r_s der Schwerpunkthalbmesser des Magnetgestellprofiles in cm. E ist der Elastizitätsmodul (für Gußeisen 850 000 kg/cm², für Stahlguß 2 150 000 kg/cm², für Walzstahl 2 200 000 kg/cm²).

Die Belüftung der Maschinen, die die Gehäuse der Wechselstrommaschinen weitgehend beeinflußt, spielt bei den Gleichstromgehäusen nicht die entscheidende Rolle. Die Gleichstrommaschinen erhalten bis auf die Maschinen mit Mantelkühlung durchweg Durchzugsbelüftung. Der Einfluß der Luftführung wirkt sich im allgemeinen auf die Formgebung der Lagerschilde aus, nur bei den größeren Lagerschildtypen sind die Gehäuse mit Rücksicht auf die Luftführung besonders geformt. Für die Wahl der Fußhöhen sind die Vorschriften nach DIN 747 zu beachten. Zum Transport sind geeignete Aufhängemöglichkeiten vorzusehen. Bei den kleineren Maschinen schraubt man Hebeösen ins Joch, während man an den Magnetgestellen der großen Maschinen die Versteifungsrippen entsprechend ausbildet.

Abb. 2. Magnetblech einer Kleinstmaschine (1/20 bis 1/2 PS).

Die weitgehende Anwendung der Gleichstrommaschinen ergab auch hier eine Anzahl von Sonderformen der Gehäuse, die nachstehend, bei den kleinen Maschinen beginnend, ohne Anspruch auf Vollständigkeit kurz beschrieben werden.

Sonderbauformen.

Bei den Kleinstmaschinen von etwa 1/20 bis 1/2 PS hat sich auch bei den Gleichstrommaschinen die im Aufsatz über Wechselstromgehäuse beschriebene Bauart[1]) mit herumgerolltem Blechmantel mit gutem Erfolg eingeführt. Das Magnetsystem ist hier ganz aus Blech gestanzt, Abb. 2, d. h. die Pole sind mit dem Magnetjoch aus einem Stück hergestellt. Die Bleche werden auf einem Walzendorn geschichtet und dann mit dem Stahlblechmantel versehen, an dem Füße usw. angeschweißt werden. Hier ist der äußere Teil an der Flußübertragung nicht beteiligt, sondern lediglich Trag- und Befestigungsmittel. Man verwendet statt des Blechmantels auch Hilfsgehäuse aus Gußeisen.

Bei den etwas größeren Maschinen benutzt man den Jochring als Tragelement. Die aus Blech aufgebauten Pole werden an das ringförmige Magnetjoch geschraubt. Dieser Jochring wird etwas breiter als die Pole ausgeführt und an den Stirnseiten mit Zentrierrädern zur Aufnahme der Lagerschilde versehen (Abb. 3). Als Werkstoff dient fast durchweg Stahlguß. Die verhältnismäßig kleinen Abmessungen dieser Jochringe führten hier u. a. auch zur Verwendung von Walzstahlrohren. Man schneidet die Jochringe in den gewünschten Längen von Stahlrohren mit den erforderlichen Durchmessern ab. Die Gehäusefüße werden in diesem Größenbereich in der Regel aus Stahlblech geprägt und angeschweißt bzw. es werden gegossene Füße angeschraubt. Bei remanenzarmer Ausführung werden die Jochringe lamelliert ausgeführt. Die verschiedenen Schutzformen und Belüftungsarten müssen bei den Lagerschilden beachtet werden. Das Gehäuse selbst wird so einfach wie möglich geformt.

Abb. 3. Kleine Gleichstrommaschine.

Abb. 4. Gleichstrommaschine für rd. 30 kW.

Bei den größeren Maschinen mit Lagerschilden von etwa 10 kW an besteht das Gehäuse im allgemeinen ebenfalls nur aus dem verbreiterten Magnetjochring, meistens aus Stahlguß, an dessen Stirnseiten die Lagerschilde angeschraubt werden (Abb. 4). Neuerdings sind in diesem Größenbereich aber auch Typen entwickelt worden, deren Magnetjochringe aus kräftigen Walzstahlplatten gerollt und verschweißt werden. Die Füße werden ebenfalls aus Walzstahl angeschweißt. Die Schweißfuge wird am Umfang so angeordnet, daß sie auf Mitte eines Hauptpoles zu liegen kommt. Außer dieser Normalform der Gleichstrommaschine mit Lagerschilden, bei der das Gehäuse nur aus dem symmetrisch verbreiterten Joch-

[1]) ETZ 60 (1939) H. 4, S. 111 und H. 6, S. 177.

ring besteht, und der für die Wicklung und dem zwischen Anker und bürstenseitigem Lager liegenden Kommutator notwendige Raum von den Lagerschilden gebildet wird, erzwingen oft besondere Bedingungen eine davon abweichende Bauform der Maschine, die sich vor allem in der Formgebung des Gehäuses auswirkt. Bei Maschinen für große Stromstärken z. B. ergeben sich große Kommutatorlängen und damit vom Normalmaß abweichende große Lagerabstände. Im allgemeinen verwendet man dann die normalen Lagerschilde und überbrückt die Differenz durch einseitige Verbreiterung des Gehäuses nach der Kommutatorseite hin (Abb. 5). Dieser besondere Ansatz wird, da er ja keinerlei Kraftfluß zu übertragen hat, wesentlich schwächer als das Magnetjoch ausgebildet und erhält zur Aufnahme des Lagerschildes einen besonderen Flansch. Die Elektroschweißung hat auch bei den Gehäusen für Gleichstrommaschinen eine größere Beweglichkeit in der Konstruktion solcher Sondertypen ermöglicht. Wahrscheinlich in Anlehnung an diese Sonderform sind einzelne Hersteller dazu übergegangen, Typenreihen zu entwickeln, deren Gehäuse und Lagerschilde aus Walzstahl bestehen. Die Lagerschilde sind gerade mit Rippen versteifte Wände. Der für die Wicklung und für den Kommutator erforderliche Raum wird durch an den Jochring angeschweißte ringförmige Ansätze gebildet (Abb. 6).

Abb. 5. Gleichstromgehäuse mit Jochringansatz.

Abb. 6. Gleichstromgehäuse aus Walzstahl geschweißt.

Diese Ansätze erhalten an den Stirnseiten Flansche zur Befestigung der Lagerschilde. Zur Bedienung des Kommutators und für den Lufteintritt bzw. -austritt werden in diesen Mantelteilen Öffnungen vorgesehen, die entsprechend der Schutzform entweder mit gelochtem Blech oder einer besonderen tropfwasser- bzw. schwallwassersicheren Haube versehen sind. Ganz ähnlich sind die neuzeitlichen Gehäuse für die Gleichstrom-Pendelbremsmaschinen aufgebaut, die jedoch zusätzlich am äußeren Umfang mit Befestigungsmöglichkeiten für die Meßhebel versehen werden.

Bei den Gehäusen für Gleichstrom-Bahnmotoren und Kranmotoren erzwingt der geringe zur Verfügung stehende Raum im Fahrgestell eine besonders gedrängte Bauform. Das Magnetjoch erhält keine Ringform, sondern eine polygonale, dem Raum angepaßte Form. Beim Entwurf des Gehäuses bestimmt man zunächst im Innern den für Pole und Polwicklung unbedingt erforderlichen Raum und bildet den Jochring als Vieleck so aus, daß sich im Innern keine überflüssigen Ecken bilden (Abb. 7). Bei der Formgebung des äußeren Umfanges werden dann die besonderen Einbauverhältnisse beachtet. Ähnlich, wie bei den oben beschriebenen größeren Lagerschildmaschinen mit verbreitertem Gehäuse, sind auch hier die Jochringe in axialer Richtung mit Ansätzen versehen, um den für Wicklung und Kommutator notwendigen Raum zu schaffen. Die Anschlüsse für Luftein- und -austritt werden an diesen Ansätzen vorgesehen (Abb. 8).

Gleichstrommaschinen in leicht verschmutzenden Räumen werden außenbelüftet bzw. mantelgekühlt. Wie bei der mantelgekühlten Wechselstrommaschine wird hier durch einen außerhalb der Maschine auf der Ankerwelle sitzenden Lüfter Luft über die Außenwand des Gehäuses geblasen und die ausstrahlende Wärme weggeführt. Bei den kleineren Maschinen bis etwa 7,5 kW begnügt man sich, die Wärmestrahlung des Jochringes auszunutzen und benutzt für die außenbelüftete Bauart die gleiche Gehäuseform wie bei der normalen Maschine. Allerdings muß die Typenleistung wesentlich herabgesetzt werden. Bei den größeren Typen erhalten die Gehäuse noch besondere Kühlrippen (Abb. 9). Da die Hauptverluste und damit die größte Erwärmung im Anker entstehen, wird bei den großen Typen noch durch einen Innenlüfter die Luft in der Maschine in Umlauf gesetzt und durch besondere Kanäle, die am äußeren Umfang mit Hilfe von je 2 Rippen gebildet werden oder durch am äußeren Umfang angebrachte Kühlrohre gedrückt und dort rückgekühlt.

Abb. 7. Teilschnitt durch das Gehäuse eines Bahnmotors.

Bei den größeren Gleichstrommaschinen mit in getrennt aufgestellten Lagerböcken gelagerten Ankern besteht das Gehäuse nur aus dem Magnetjoch. Wo das Trägheitsmoment des einfachen Jochquerschnittes für die Steifigkeit nicht ausreicht, wird der Jochring zur Erhöhung des Trägheitsmomentes mit umlaufenden Rippen versehen. Der Werkstoff dieser Gehäuse ist heute durchweg Stahlguß. Die Füße sind in der Regel angegossen; man ist aber auch dazu übergegangen, lediglich die Magnetringe zu gießen und Füße aus Walzstahl nachträglich anzuschweißen.

Abb. 8. Gehäuse eines Gleichstrom-Bahnmotors.

Bei den großen Gehäusen wird mit Rücksicht auf die Transportmöglichkeit das Gehäuse geteilt ausgeführt, die Teilfuge wird im allgemeinen in die Waagerechte zwischen zwei Hauptpolen gelegt. Es ist bei Maschinen mit Wendepolen zweckmäßig, die Teilfuge etwa um die halbe Wendepolbreite nach oben zu verlegen, damit beide Wendepole noch vollständig im Unterteil angebracht werden können. Die Teilfugenkanten der beiden Gehäusehälften bildet man so aus, daß die obere einen vorstehen-

den Rand erhält, um kleinere Ungenauigkeiten am Teilfugenschluß nicht in Erscheinung treten zu lassen. Wie bei den großen Drehstromgehäusen wird auch bei den großen Magnetgestellen das Unterteil durch Stützschrauben in der Fundamentgrube noch besonders abgestützt. Die verschiedenen Schutzformen werden bei der Ausbildung der Schutzkappen beachtet. Bei geschlossenen großen Gleichstrommaschinen erhält zuweilen das mit Versteifungsringen versehene Magnetgestell noch eine Blechverkleidung, um ein besseres Aussehen der Maschine zu erreichen.

Abb. 9. Gleichstromgehäuse mit Mantelkühlung.

Gehäuse für Hochfrequenzmaschinen und Gleichpolbauart.

Hochfrequenzmaschinen für etwa 1000 bis etwa 15 000 Hz werden durchweg als Gleichpolmaschinen gebaut. Bei diesen Maschinen besteht bekanntlich das Polrad aus einem gezahnten Läufer, während das Gehäuse zwei aktive Blechpakete mit Wicklung und, zwischen den beiden Paketen angeordnet, die Erregerspule trägt. Die grundsätzliche Anordnung und der Verlauf des magnetischen Flusses ist in Abb. 10 gezeigt. Diese für Gleichpolmaschinen typische Bauart ergibt auch von den bisher beschriebenen Gehäusen abweichende Gehäuseformen. Das Gehäuse der Hochfrequenz-Gleichpolmaschine ist also Träger der aktiven Blechpakete mit Wicklung und der Erregerspule. Es muß für den magnetischen Fluß ausreichend bemessen sein und ferner für eine gute Wärmeabfuhr ausgebildet werden. Die letztgenannte Forderung ist darum so wichtig, weil bei diesen Maschinen die Energieumsetzung und damit die Entstehung der Verluste in einem verhältnismäßig kleinen Bereich erfolgt. Sollen Lagerschilde vorgesehen werden, so ist das Gehäuse mit Befestigungsmöglichkeiten für diese auszurüsten. Die Unterteilung des aktiven Ständereisens in zwei getrennte Pakete mit Wicklung ergibt unvermeidliche Differenzen in der Phasenlage der in beiden Paketen induzierten Spannungen. Zur Einstellung der Phasenlage ist daher ein Paket einstellbar auszuführen. Die endgültige Lage wird dann in üblicher Weise durch Laschen oder Gewindebolzen fixiert. Man kann auch beide Pakete mit einer gemeinsamen Wicklung versehen, die Einstellung wird dann am Läufer vorgenommen.

Abb. 10. Grundsätzlicher Aufbau der Hochfrequenzmaschine in Gleichpolbauart.

Als Werkstoff wurde bis zur Einführung der Elektroschweißung durchweg Stahlguß verwendet. Abb. 11 a, b und c zeigen einige Querschnittsformen von Stahlgehäusen. Bei den kleineren Gehäusen bis etwa 1 m Dmr. sind im Gehäuse über der Erregerspule Luftaustrittsöffnungen vorgesehen. Die Ausbuchtung des Gehäuses über der Erregerspule bei den größeren Gehäusen Abb. 11 b und c dient ebenfalls zur Luftführung. Bei offenen Maschinen sind hier am Umfang gleichmäßig Luftaustrittsöffnungen vorgesehen, während bei geschlossener Ausführung dieser Mittelteil geschlossen bleibt und in einer kaminartigen Öffnung mündet. Bei den großen aus Walzstahl geschweißten Gehäusen ist der Aufbau grundsätzlich anders (Abb. 12). Als Träger der Blechpakete und der Erregerspule dienen verhältnismäßig eng angeordnete, gleichmäßig am Umfang verteilte Stege, die für den magnetischen Fluß ausreichend bemessen sind. An den Stirnseiten werden diese Stege mit Gehäusewangen verschweißt. Zum Abschluß nach außen wird noch ein besonderes Mantelblech, das der Ausführung entsprechend ausgebildet wird, aufgeschraubt. Die Luftführung ist bei dieser Konstruktion wesentlich besser als bei der Ausführung in Stahlguß. Hinzu kommen die bereits erwähnten Vorteile der Schweißkonstruktionen wie Ersparnis an Modellen und leichtere Anpassung an bestimmte Forderungen.

Abb. 11 a, b, c. Querschnittformen von Stahlgußgehäusen für Hochfrequenzmaschinen.

Abb. 12. Gehäuse aus Walzstahl geschweißt für Hochfrequenzmaschinen.

Zusammenfassung.

Die Gleichstromgehäuse, die in der Hauptsache als Magnetjoche dienen, weisen trotz ihres an sich einfachen Aufbaues, je nach Bauart und Größe der Maschinen verschiedene Bauformen auf. Die Elektroschweißung wird hier vorwiegend bei Lagerschildmaschinen angewendet. Bei den Gehäusen für Hochfrequenzmaschinen in Gleichpolbauart, die die beiden Aufgaben: Träger des Blechpaketes und Magnetjoch in sich vereinen, hat sich bei den größeren Gehäusen die geschweißte Walzstahlausführung gegenüber der in Stahlguß gut eingeführt.

Aus dem Schrifttum:

1. Liwschitz u. Glöckner, Die elektrischen Maschinen, Bd. 2, B. G. Teubner, Berlin u. Leipzig 1931.
2. W. Putz, Neue Entwicklungen im Bau elektrischer Maschinen, Z. VDI 82 (1938) S. 985.
3. J. Tittel, Grenzleistungen im Bau von Mittel- und Hochfrequenzmaschinen. VDE-Fachber. 9 (1937) S. 65.
4. E. Ziehl, Moderne Anschauungen über den Bau elektrischer Maschinen. ETZ 53 (1932) S. 1287 u. 1317.

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.

VDE-Fachberichte 1939.

Während der 41. Mitgliederversammlung des VDE werden am Donnerstag, dem 1. Juni, vormittags und nachmittags sowie am Freitag, dem 2. Juni, vormittags insgesamt 53 Fachberichte in 13 Fachgruppen vorgetragen. Diese Fachberichte dienen dazu, den Teilnehmern an der Versammlung einen Überblick über den Stand der Forschung auf dem Gebiet der Elektrotechnik und die Fortschritte in der praktischen Anwendung zu vermitteln. Die einzelnen Fachberichte werden zur Aussprache gestellt, um jedem Fachgenossen Gelegenheit zu geben, zu den behandelten technisch-wissenschaftlichen Fragen Stellung zu nehmen und eigene Ergebnisse und Erfahrungen mitzuteilen.

Die Fachberichte finden im Konzerthaus in Wien statt. Die Gruppen, die Themen der einzelnen Berichte sowie der Zeitplan werden nachstehend bekanntgegeben. Ein ausführliches Programmheft mit Inhaltsübersichten der einzelnen Berichte geht den Teilnehmern an der Tagung gleichzeitig mit dem Teilnehmerheft zu; dieses Programmheft kann auch unmittelbar von der Geschäftstelle des VDE kostenlos bezogen werden.

Im allgemeinen ist für die Berichte eine Vortragsdauer von 30 Minuten vorgesehen, während für die Aussprache 25 Minuten zur Verfügung stehen. Zur Vorbereitung der Aussprachen werden VDE-Mitgliedern Fahnenabzüge auf Anforderung kostenlos zugestellt; diesbezügliche Anfragen sind ebenfalls an die Geschäftstelle des VDE zu richten. Die Vorführung von Lichtbildern während der Aussprachen ist gestattet, jedoch ist vorher die Genehmigung des Einführenden der betreffenden Fachberichtsgruppe einzuholen.

Sämtliche Berichte mit den zugehörenden Aussprachen werden in dem nach der Tagung erscheinenden Sammelband „VDE-Fachberichte 1939" veröffentlicht.

Änderungen des Zeitplans, der Einführenden, der Vortragenden und der Berichte bleiben vorbehalten.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

A.

Gruppe A I. Fernmeldetechnik I.

(Donnerstag, 1. Juni 1939, vormittags)

Einführender: Dr. rer. nat. Prof. R. Feldtkeller, Stuttgart.

1. K. Wagner „Aufgaben des Vierjahresplans auf dem Gebiet der Fernmeldekabel und -leitungen und derzeitiger Stand der Technik"
2. K. A. Mittelstraß „Der Einfluß der Entwicklung magnetischer Werkstoffe auf die Durchbildung der Pupinspulen"
3. K. Reche „Die Kontaktwerkstoffe der Fernmeldetechnik"
4. E. Müller „Die dielektrischen Eigenschaften von Isolierstoffen für Hochfrequenzleitungen im Bereich von 1 bis 60 MHz".

Gruppe A II. Fernmeldetechnik II.

(Donnerstag, 1. Juni 1939, nachmittags)

Einführender: Dir. Prof. K. Küpfmüller VDE, Berlin.

1. H. Sachse „Der Leitungsabschluß von Funkfernsprechverbindungen". (Die niederfrequenten Schaltelemente)
2. H. Oltze „Anwendung kombinierter Rückkopplungen in Schaltungselementen der Fernmeldetechnik"
3. W. Janovsky „Die Betriebseigenschaften der Fernsprechstationen"
4. H. Wögerbauer „Konstruktive Probleme aus der Fernmeldetechnik".

Gruppe A III. Hochfrequenztechnik.

(Freitag, 2. Juni 1939, vormittags)

Einführender: Prof. Dr. G. A. Schwaiger, Wien.

1. H. Gerwig und F. Vilbig „Modulationsverfahren"
2. A. Gehrts und A. Semm „Neue Senderöhren-Typen"
3. W. Berndt und W. Moser „Hochfrequente Phasendrehung und Phasenmessung an räumlich entfernten Antennen"
4. E. Schüttlöffel und G. Vogt „Die Einfallswinkel der Kurzwellenstrahlung im Überseeverkehr".

Vorläufiger Zeitplan der VDE-Fachberichte 1939.

(Änderungen vorbehalten.)

Donnerstag, den 1. Juni 1939, vormittags

Nr.	Zeit	A I Fernmeldetechnik I	B I Meßtechnik	C I Schaltanlagen	D I Elektromaschinenbau	E I Lichttechnik
	8^{30}—9^{00}	Feldtkeller	Schleicher	Meiners	Sequenz	Weigel
1	9^{00}—9^{45}	Wagner	Briebrecher/Jüttner	Freiberger	Tittel	Kircher
2	10^{00}—10^{45}	Mittelstraß	Merz	Russell	Wiedemann	Lingenfelser
3	11^{00}—11^{45}	Reche	Toeller	Eisert	Küchler	Ewest + Riehl
4	12^{00}—12^{45}	Müller	Lieneweg	Courtin	Traßl	Schneider + Schulze

Donnerstag, den 1. Juni 1939, nachmittags

Nr.	Zeit	A II Fernmeldetechnik II	B II Luftfahrt	C II Installation	D II Industr. Anwend. (Stromrichter)	—
	14^{30}—15^{00}	Küpfmüller	Lange	Besold	Wist	—
1	15^{00}—15^{45}	Sachse	Viehmann	Grünwald	Lebrecht	—
2	16^{00}—16^{45}	Oltze	Harmening	Walther	Siemens	—
3	17^{00}—17^{45}	Janovsky	Hofmann	Schachtner	Micza	—
4	18^{00}—18^{45}	Wögerbauer	Fischer	Kroemer	Landsmann	—

Freitag, den 2. Juni 1939, vormittags

Nr.	Zeit	A III Hochfrequenztechnik	B III Elektrowärme	C III Kraftwerke	D III Bahnen	—
	8^{30}—9^{00}	Schwaiger	Masukowitz	Rachel	Kother	—
1	9^{00}—9^{45}	Gerwig/Vilbig	Fischer	Wellmann	Müller	—
2	10^{00}—10^{45}	Gehrts/Semm	Hessenbruch	Bobeck	Schmer	—
3	11^{00}—11^{45}	Berndt/Moser	F. J. Mann	—	Hutt	—
4	12^{00}—12^{45}	Schüttlöffel/Vogt	Kieffer/Krall	—	K. Mann	—

B.

Gruppe B I. Meßtechnik.

(Donnerstag, 1. Juni 1939, vormittags)

Einführender: Dir. Dr.-Ing. M. Schleicher VDE, Berlin.

1. H. Briebrecher und H. Jüttner „Lichtelektrische Meßverfahren"
2. L. Merz „Die Energiebilanz elektrischer Meßgeräte unter besonderer Berücksichtigung empfindlicher Spannungsmesser"
3. H. Toeller „Das Dreheisengerät mit Fremdfeldschutz und seine Anwendung in der Feinmeßtechnik"
4. F. Lieneweg „Fragen elektrischer Meß- und Regelverfahren in Dampfkraftwerken".

Gruppe B II. Luftfahrt.

(Donnerstag, 1. Juni 1939, nachmittags)

Einführender: Dir. Dr.-Ing. F. Lange, Berlin.

1. H. Viehmann „Leitungen, Klemmen und Funkentstörung im Flugzeug"
2. E. Harmening „Elektrische Probleme beim Höhenflug"
3. W. Hofmann „Die elektrische Ausrüstung eines Großflugzeuges"
4. W. Fischer „Neuere elektrische Drehspulmeßgeräte".

Gruppe B III. Elektrowärme.

(Freitag, 2. Juni 1939, vormittags)

Einführender: Dipl.-Ing. H. Masukowitz VDE, Hanau.

1. W. Fischer „Lebensdauerprüfung von Heizelementen"
2. W. Hessenbruch „Entwicklung der Heizleiterlegierungen in den letzten Jahren"
3. F. J. Mann „Über den heutigen Stand der Silitheizstäbe"
4. R. Kieffer und F. Krall „Elektrische Industrieöfen mit Molybdänbeheizung".

C.

Gruppe C I. Schaltanlagen.

(Donnerstag, 1. Juni 1939, vormittags)

Einführender: Dipl.-Ing. G. Meiners VDE, Berlin.

1. H. Freiberger „Verbundnetz-Hochspannungs-Schaltanlagen für den Anschluß von Großstädten und Großindustrien"
2. H. Russell „Schaltanlagen und Schutzeinrichtungen für die Versorgung von mittleren Städten und von Gebieten mit verteilter Industrie und Landwirtschaft"
3. J. Eisert „Mittelspannungs-Schaltanlagen für großstädtische Netze"
4. E. Courtin „Industrie-Mittelspannungs-Schaltanlagen".

Gruppe C II. Installation.

(Donnerstag, 1. Juni 1939, nachmittags)

Einführender: Dir. Dipl.-Ing. H. Besold VDE, Berlin.

1. E. Grünwald „Schmelzsicherungen mit verzögerter und Schnellunterbrechung"
2. H. Walther „Automatischer Schutz durch Installations-Selbstschalter"
3. H. Schachtner „Motorschutzschalter"
4. H. Kroemer, „Hochleistungs-Sicherungen als Gruppen-Sicherungen".

Gruppe C III. Kraftwerke.

(Freitag, 2. Juni 1939, vormittags)

Einführender: Dir. Prof. A. Rachel VDE, Berlin.

1. W. E. Wellmann „Neue Gesichtspunkte für die Einrichtungen der Betriebsüberwachung von Kraftwerken"
2. K. Bobek „Neuzeitliche Anordnung von Wasserkraftgeneratoren in Niederdruck-Wasserkraftwerken".

D.

Gruppe D I. Elektromaschinenbau.

(Donnerstag, 1. Juni 1939, vormittags)

Einführender: Prof. Dr.-Ing. H. Sequenz VDE, Wien.

1. J. Tittel „Schwingungsuntersuchungen bei diesel-elektrischen Schiffsantrieben"
2. E. Wiedemann „Fortschritte im Bau von Turbogeneratoren"
3. R. Küchler „Fortschritte im Bau von Umspannern"
4. H. Traßl „Der Anlauf von Wechselstrommaschinen mit Teilspannung".

Gruppe D II. Industrielle Anwendungen (Stromrichter).

(Donnerstag, 1. Juni 1939, nachmittags)

Einführender: Prof. Dr.-Ing. E. Wist VDE, Wien.

1. L. Lebrecht „Wirtschaftliche Grenzen bei der Wahl größter Gleichrichtergefäße für Elektrolyse-Anlagen"
2. A. Siemens „Anwendungen des pumpenlosen Eisengleichrichters in der Industrie"
3. A. Micza „Schwingungen in Gleichrichtertransformatoren"
4. K. Landsmann „Stromrichter zur Steuerung elektrischer Punkt- und Nahtschweißmaschinen".

Gruppe D III. Bahnen.

(Freitag, 2. Juni 1939, vormittags)

Einführender: Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE, Berlin.

1. P. Müller „Die Systemfrage vom Standpunkt der Fahrmotoren und ihrer Regelung"
2. K. Sehmer „Gestaltung und Leistungsmöglichkeiten von elektrischen Lokomotiven im Fernschnellverkehr"
3. H. Hutt „Der elektrische Fernschnellbahn-Triebwagen"
4. K. Mann „Betriebsanforderungen und Leistungsvermögen elektrischer Fernschnellbahnen".

E.

Gruppe E I. Lichttechnik.

(Donnerstag, 1. Juni 1939, vormittags)

Einführender: Prof. Dr.-Ing. R. G. Weigel VDE, Karlsruhe.

1. W. Kircher „Licht und Beleuchtung im Dienst des schaffenden Menschen"
2. H. Lingenfelser „Fortschritte in der öffentlichen und Verkehrsbeleuchtung" — Aus der Arbeit des DLTG-Studienausschusses für öffentliche und Verkehrsbeleuchtung
3. H. Ewest „Der derzeitige Stand der Technik der Glühlampen und Entladungslampen"
4. N. Riehl „Über die Anwendung neuzeitlicher Leuchtstoffe in der Lichttechnik"
5. L. Schneider „Lichttechnische Erkenntnisse zur Luftschutzfrage"
6. R. Schulze „Über die neuzeitliche technische und therapeutische Verwendung der UV-Strahlung".

Ausschuß für Installationsmaterial.

Der Unterausschuß „Fassungen" des Ausschusses für Installationsmaterial hat einen Entwurf zu

VDE 0616 „Vorschriften für Lampenfassungen und Lampensockel bis 750 V"

aufgestellt, der in ETZ 60 (1939) S. 541 veröffentlicht ist.

In dem Entwurf wurden Prüfvorschriften für die Kriechstromsicherheit noch nicht aufgenommen, da die umfangreichen Vorarbeiten noch nicht zum Abschluß gekommen sind.

Begründete Einsprüche sind der Geschäftstelle bis zum 1. August 1939 einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Der Geschäftsführer:

Blendermann

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus. Fernsprecher: 34 88 85.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Elektrowärme".

Leiter: Dipl.-Ing. W. Zillmer VDE.

Vortrag

des Herrn Dr.-Ing. H. Pawlek, Berlin, am Dienstag, dem 9. Mai 1939, um 20^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Schutzgase für den Elektroofenbetrieb".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Installationstechnik".

Leiter: Oberingenieur W. Hoeres VDE.

Vortrag

des Herrn Oberingenieur Dr.-Ing. D. Müller-Hillebrand VDE, Berlin, am Dienstag, dem 16. Mai 1939, um 20^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Grundlagen der Installation elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im VDE-Haus, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
4. 5. 1939 Vortragsreihe „Ultrakurz- und Dezimeterwellentechnik": „Das Verhalten von Rückkopplungsröhren bei hohen Frequenzen". Vortragender: Dr.-Ing. H. Zuhrt VDE. Beginn: 18^{00} im Hörsaal 120 der T. H.

Hochspannungstechnik. Leiter: Dr.-Ing. G. Hameister VDE.
5. 5. 1939 Vortragsreihe „Die Netze und der Bau ihrer wichtigsten Anlagenteile": „Abnehmer- und Netzstationen", Vortragender: Ingenieur M. Fraas.

Installationstechnik. Leiter: Dipl.-Ing. R. Schamberger VDE.
9. 5. 1939 „Aus den Anfängen der Installationstechnik", Vortragender: Dipl.-Ing. R. Schamberger VDE.

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. Boekels VDE.
10. 5. 1939 „Elektrische Meßtechnik in der Medizin", Vortragender: Dr.-Ing. E. Ferroni.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
11. 5. 1939 Vortragsreihe „Fernwirkanlagen in der Starkstromtechnik": „Betriebserfahrungen mit Frequenz- und Fahrplanregelung", Vortragender: Oberingenieur Dipl.-Ing. W. Fleischer VDE. Gemeinschaftliche Veranstaltung mit der Arbeitgemeinschaft „Hochspannungstechnik".

Elektrizitätswerke. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. B. J. v. d. Knesebeck VDE.
12. 5. 1939 „Besichtigung des Westkraftwerks der Bewag", Berlin-Spandau, Otternbuchtstraße. Treffpunkt: um 15⁰⁰ pünktlich am Haupteingang — Anmeldung — des Westwerks. Teilnahme nur für Reichsdeutsche. Die Besucherliste lag am AG-Abend am 21. 4. 1939 zwecks Eintragung aus. Nachträgliche Anmeldungen telephonisch schnellstens unter 34 00 11/21 07.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Mark Brandenburg, Frankfurt O. 8. 5. (Mo.), 20^{00}, „Nürnberger Hof", Fürstenwalder Str.: „Der Schmalfilm und seine Anwendung in der Technik". Ing. Weinberger.

VDE Bezirk Nordhessen, Kassel. 5. 5. (Fr.), 20^{00}, Hess. Landesmuseum: „Elektrische Großkraftübertragung im Zeichen der Deutschen Verbundwirtschaft" (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. W. Bruckmann VDE.

VDE Bezirk Ruhr-Lippe, Dortmund. 10. 5. (Mi.), 20^{00}, Gaststätte „Berghoff", Rheinische Str. 2 (Ecke Körner-Platz): „Vermaschung von Hoch- und Niederspannungsverteilungen — Netzgestaltung bei steigendem Stromabsatz". Dr. v. Mangoldt VDE.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

F. Todt. — Von Generalfeldmarschall Hermann Göring wurde zusammen mit drei anderen um die Deutsche Technik hochverdienten Männern der Leiter des Hauptamtes für Technik, Pg. Prof. Dr.-Ing. Fritz Todt, durch Ernennung zum Außerordentlichen Mitglied der Deutschen Akademie der Luftfahrtforschung ausgezeichnet.

Otto Schaller.

Auf der Höhe eines reichen Lebens stehend vollendete am 3. Mai dieses Jahres einer der ältesten Pioniere der Elektrotechnik sein achtzigstes Lebensjahr. Otto Schaller wurde im Jahre 1859 zu Oberursel im Taunus geboren. Sein Vater besaß dort die Spinnerei Hohe Mark, wo der Jubilar mit fünf Geschwistern seine Kinderzeit verlebte und durch die für die damalige Zeit fortschrittlichen technischen Anlagen des väterlichen Unternehmens die ersten Anregungen zu seinem späteren technischen Schaffen erhielt. Nach der Schulzeit in Frankfurt a. M. bezog er die T. H. Karlsruhe und widmete sich nach Ablegung der Ingenieurprüfung 1883 in einer Frankfurter Fabrik der damals durch die Erfindung von Auer von Welsbach aufblühenden Gasbeleuchtung. Die Anfänge der elektrischen Beleuchtung zu jener Zeit veranlaßten den jungen Ingenieur, sich diesem Gebiet zuzuwenden. 1886 trat er bei der damals neu gegründeten Elektrizitäts Aktiengesellschaft Helios in Köln-Ehrenfeld ein, wo er mit dem Bau und der Errichtung von Elektrizitätswerken in Süddeutschland betraut wurde. Als Leiter der Bayerischen Elektrizitäts A. G. Helios hat er unter anderem gemeinsam mit der Firma Voith in Heidenheim die erste größere Wasserkraftanlage im Schwarzwald gebaut neben einer größeren Zahl von kleineren Zentralen, von denen noch heute einige im Betrieb sind. Er hat bei dieser seiner Tätigkeit, angeregt durch eine kurze Ausbildungszeit bei Ganz & Co. in Budapest, auch unmittelbar an der Entwicklung der ersten Wechselstromanlagen teilgenommen.

1903 schied Otto Schaller bei Helios aus und ging als Oberingenieur zur Julius Pintsch AG. in Berlin. Hier hat sich sein technischer Sinn im Laufe vieler fruchtbarer Jahre voll entfalten können. Eine große Zahl von Patenten auf den verschiedensten Gebieten, nicht nur auf dem Gebiet der Elektrotechnik, ist das Ergebnis dieser arbeitsreichen Zeit. — Schaller widmete sich dabei, vornehmlich in den späteren Jahren, Problemen der elektrischen Beleuchtung, wobei er u. a. maßgebenden Anteil an der Entwicklung der ersten praktisch brauchbaren Gasentladungslampen nahm. Den größten Erfolg brachten jedoch seine Bemühungen um die Herstellung von Glühlampenfäden. Es gelang ihm, erstmals brauchbare Glühfäden aus zusammenhängenden Wolfram-Einkristallen herzustellen, was von grundlegender Bedeutung für die Herstellung von Glühlampen und Elektronenröhren werden sollte. In Anerkennung dieser seiner Arbeiten verlieh ihm die T. H. Karlsruhe im Jahre 1918 die Würde eines Dr.-Ing. E. h. Seit 1921 lebt Dr. Schaller im Ruhestand in Berlin, wo er an der Seite seiner Gattin und im Kreise seiner Kinder und seiner 20 Enkelkinder in bester Frische den achtzigsten Geburtstag sceben feiern konnte.

Otto Schaller.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.3 (032)

Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch. Herausgegeben für die Internationale Elektrotechnische Kommission vom Comité Électrotechnique Français. Mit 311 S. im Format A 4. Zu beziehen durch General Secretary of the I. E. C., London S. W. 1, 28, Victoria Street, Westminster. 1938. Preis geb. 10 Schilling.

Endlich ist das Wörterbuch der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erschienen, das Ergebnis von drei Jahrzehnten nationaler und internationaler Gemeinschaftsarbeit. Die grundlegenden Erkenntnisse der neuzeitlichen Benennungstechnik sind mit diesem Werk zum ersten Male großzügig in die Tat umgesetzt worden.

Von den rund 30 Jahren, welche seit der Grundsteinlegung für das IEC-Wörterbuch verstrichen sind, ging mehr als die Hälfte hin über der Suche nach der richtigen Anlage und nach dem richtigen Arbeitsverfahren. Im wesentlichen sind es drei Grundsätze, deren Erarbeitung und Befolgung das Wesen und den Wert des IEC-Wörterbuches ausmachen.

Der erste und umfassende Grundsatz wurde schon damals angewandt, als die IEC bei ihrer Gründung im Jahre 1906 die Ordnung der elektrotechnischen Fachsprache als eine ihrer Hauptaufgaben erwählte: Die Gestaltung und Darstellung der Fachsprache einer Wissenschaft greift so tief in die Grundlagen dieser Wissenschaft ein und ist von so großer Verantwortung, daß die besten Kenner dieser Wissenschaft als Mitarbeiter gerade gut genug sind. An dem Wörterbuch der IEC haben dementsprechend deren nationale Komitees in rund 20 Ländern mitgearbeitet, und zwar in der Mehrzahl nicht nur dem Namen nach.

Die zweite grundlegende Erkenntnis bei der Abfassung des IEC-Wörterbuches war nur eine Folge der ersten Erkenntnis: Auf die Begriffe kommt es an, nicht auf die scheinbare Ähnlichkeit der Wörter. Deshalb erhielt jede Wortstelle außer den Benennungen auf deutsch, französisch, englisch, italienisch, spanisch und Esperanto eine Begriffsbestimmung in den beiden offiziellen IEC-Sprachen Französisch und Englisch. Erst dank diesen Begriffsbestimmungen wurde vielen Mitarbeitern klar, wie trügerisch die äußere Gleichheit der Wörter ist. So erregte es zum Beispiel allgemeines Erstaunen, daß wir in Deutschland einschließlich der Ostmark unter „Asynchronmotoren" nur Induktionsmotoren verstehen, nicht auch Wechselstrom-Kommutatormotoren. Auch das brachte erst die Begriffsbestimmung an den Tag, daß wir „Periode" nennen, was für die anderen Völker ein „cycle" ist, während deren „période" (bzw. „period" usw.) bei uns „Periodendauer" heißt.

Stellt man so in den Mittelpunkt der Wörterbucharbeit den Begriff und nicht das Wort, so ergibt sich daraus letzten Endes auch der dritte Leitgedanke: Ein grundlegendes Fachwörterbuch kann nur nach Begriffen geordnet sein, nicht nach dem Abc.

Das IEC-Wörterbuch mit seinen rund 2000 Begriffen ist jetzt in 14 Sachgruppen eingeteilt, wie z. B. „Grundbegriffe", „Maschinen und Umspanner", „Schaltgeräte", „Meßgeräte" usw. Die Gruppen zerfallen ihrerseits in Abteilungen. Innerhalb der Abteilungen schließlich folgen die einzelnen Wortstellen gemäß ihrer Bedeutung aufeinander. Jede Wortstelle ist entsprechend dieser Gliederung durch eine dreiteilige Nummer (z. B. 15-05-040) gekennzeichnet. Zu bedauern ist, daß es nicht gelungen ist, das IEC-Wörterbuch an die sonst bewährte Internationale Dezimalklassifikation anzuschließen, deren deutsche Gesamtausgabe zur Zeit der Deutsche Normenausschuß vorbereitet.

Die jetzt abgeschlossenen 30 Jahre Arbeit am IEC-Wörterbuch bedeuten einen Markstein in der Entwicklung der Fachwörterbücher. Alles, was nachher kommt, muß sich die Erfahrungen der Bearbeiter und Benutzer des IEC-Wörterbuches zunutze machen. Erfreulicherweise ist in dieser Hinsicht schon vorgesorgt: Im Jahre 1936 ist innerhalb des Weltbundes der nationalen Normenausschüsse (ISA) ein Ausschuß für Benennungen eingesetzt worden, der die Fachsprache der übrigen Technik ebenso bearbeiten soll, wie die IEC es mit der Elektrotechnik getan hat. Die Leitung dieses Ausschusses liegt in deutschen Händen, und gerade die beiden deutschsprachigen Hauptbearbeiter des IEC-Wörterbuches haben dabei besonderen Anteil. Die bereits gefaßten Beschlüsse über die Anlage der ISA-Wörterbücher haben alles das von den IEC-Wörterbüchern übernommen, was sich bewährt hat. Darüber hinaus ist es gelungen, einige grundsätzliche Mängel zu vermeiden, die auch dem IEC-Wörterbuch anhaften, die aber erst in einem vorgerückten Bearbeitungsstadium erkannt worden sind.

E. Wüster VDE.

DK 539

Grundlagen der Atomphysik. Eine Einführung in das Studium der Wellenmechanik. Von Prof. Dr. phil. H. A. Bauer. Mit 154 Abb., 20 Zahlentafeln, X u. 249 S. im Format 140×210 mm. Verlag Julius Springer, Wien 1938. Preis kart. 12,60 RM.

Der Verfasser nennt dieses Büchlein eine Einführung in das Studium der Wellenmechanik und wendet sich mit ihm, wie er im Vorwort sagt, vor allem an Ingenieure, denen er den gedanklichen Zutritt zur Quantentheorie des Atoms erleichtern will. Er bringt zu diesem Zweck, mit der Teilchenstruktur der Materie beginnend, die experimentellen Befunde an Elementarteilchen, an Lichtquanten, Höhenstrahlen, Atomkernen und an Atomen, die im ganzen klar herausgearbeitet und im Sinne der klassischen Mechanik bzw. der klassischen Quantentheorie gedeutet werden. Nachdem in einem zweiten Kapitel die Wellenstruktur der Materie an sichtbarem Licht, Röntgenstrahlen und Elektronenwellen ausführlich dargelegt worden ist, geht der Verfasser im dritten Kapitel zur Verschmelzung des Teilchen- und Wellenbildes durch die Wellenmechanik über. Von den de Broglieschen Vorstellungen der Materiewellen über die Heisenbergsche Ungenauigkeitsrelation führt er den Leser zur Schrödingergleichung, deren Anwendung auf Oszillator, Rotator und Wasserstoffatom in allen Einzelheiten rechnerisch durchgeführt wird.

Die in dem ersten Teil des Buches beschriebenen Versuche und ihre Deutung sind durch viele schöne Abbildungen, Zahlentafeln und einfache Rechnungen dem Verständnis des Lesers nahe gebracht. Die Erörterungen über die Atomkerne berücksichtigen das neueste Erfahrungsmaterial. Besonders gut sind m. E. die einführenden Paragraphen des Abschnitts über Vereinigung des Teilchen- und Wellenbildes gelungen, die sehr klar und anschaulich die Grundvorstellungen der Wellenmechanik herausstellen. Im ganzen scheint mir die Darstellung des Stoffes gut auf die Wünsche des Ingenieurs, der Freude an der Weiterentwicklung seiner Kenntnisse vom atomaren Geschehen hat, abgestimmt zu sein. Es muß andererseits aber auch betont werden, daß der Drang des Verfassers, das hier entwickelte Forschungsgebiet möglichst umfassend darzustellen, dem Büchlein einigen Abbruch tut. Es ist schlechterdings nicht möglich, auf 250 Seiten neben dem gestellten Hauptthema alle Errungenschaften der Atomphysik erfassen zu wollen. Das geht nur auf Kosten der Klarheit und Einheitlichkeit der Darstellung. Warum müssen — um nur ein Beispiel zu nennen — ganz spezielle Kernvorstellungen, zu deren verständlicher Darstellung der Umfang des Buches doppelt so groß gehalten sein müßte und deren Eingliederung in den festen Bestand der Kernphysik noch recht fraglich erscheint, hier erörtert werden? Sie haben mit dem Ziel des Buches herzlich wenig zu tun und müssen notgedrungenermaßen infolge der Kürze, in der sie dargelegt werden, zum Teil unverständlich, zum Teil sogar mißverständlich wirken. Hans Kopfermann.

DK 621.317.785

Die Elektrizitätszähler. Ein Handbuch für die Praxis des Zählerfachmannes mit vielen Anwendungsbeispielen. Von Obering. G. Paul. Mit über 200 Abb. u. Zahlentafeln und 211 S. im Format 155×235 mm. Franckh'sche Verlagshandlung, Abt. Technik, Stuttgart 1938. Preis geh. 5 RM, geb. 7,50 RM.

Das Buch umfaßt 211 Seiten und ist mit einer großen Anzahl anschaulicher Strichzeichnungen und Lichtbilder ausgestattet. In erster Linie ist es für den wissenschaftlich nicht vorgebildeten Techniker, der mit der Prüfung und Instandsetzung von Zählern zu tun hat, gedacht. Es wurde deshalb versucht, ohne theoretische Voraussetzungen eine Vorstellung von den Grundgesetzen der Elektrotechnik und der Wirkungsweise der Geräte zu geben. Die allgemeinen Grundlagen sind dabei nur ganz kurz behandelt. Auch dem Bau und der Wirkungsweise der Induktionszähler wird mit Rücksicht auf das bestehende umfangreiche Schrifttum nur ein kleiner Raum gewidmet. Rechnerische Beziehungen für das Dreh- und Bremsmoment wurden vermieden und auf die Eigenschaften, wie Fehlerkurven, Abhängigkeit von Spannung, Temperatur, Frequenz, Phasenfolge u. a. wird nicht näher eingegangen, um den Text möglichst leicht faßlich zu gestalten. Sehr ausführlich sind die Pendelzähler beschrieben. Der Abschnitt über die Prüfeinrichtungen, die notwendigen Meßgeräte, über die Kontrolle der Zähler, sowie der über die Tarifgeräte ist erschöpfend und klar abgefaßt und kann dem Leser zum Studium besonders empfohlen werden. Den Abschluß bilden praktische Tafeln und Angaben über den Eigenverbrauch üblicher Zähler. W. Beetz.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Richtlinien für die Wahl der Drücke, Temperaturen und Leistungen in Dampfkraftwerken. Herausg. von der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung. Ausgabe 1939. Mit 12 S. im Format A 5. Verlag Franz Weber, Berlin 1939. Preis kart. 0,60 RM.

[Zur Verringerung des Werkstoffaufwandes, Beschränkung der Berechnungsmöglichkeiten und Abkürzung der Lieferfristen sollen diese Richtlinien dienen, die sich auf Drücke und Temperaturen sowie auf die Leistungen von Kesseln, Turbinen, Stromerzeugern und Umspannern erstrecken.]

Die Ermittlung der richtigen Stelle des Schwungrades auf der Welle. Von Dipl.-Ing. A. Balogh. Mit 4 Abb. u. 15 S. im Format A 5. Verlag Ernst Wurzel, Zürich 1939. Preis geh. 1 RM.

[Die Schwungradanordnung bestimmt der Verfasser dadurch, daß er rechnerisch den Bereich der Welle festlegt, in dem das Schwungrad nicht angebracht werden darf. Die Berechnung geht aus vom Balken auf drei Stützen.]

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Ing. K. Bätz VDE, Berlin-Wilhelmshagen, Fahlenbergstr. 27.
Ing. F. Fröhlich VDE, Berlin-Bohnsdorf, Lechnitzer Str. 29.
Obering. F. Kelbe VDE, Berlin-Rummelsburg, Archibaldweg 36 I.
Dipl.-Ing. M. Kersten, Berlin-Siemensstadt, Rohrdamm 51.
Prof. Dr. phil. habil. G. Mierdel VDE, Berlin-Siemensstadt, Schuckertdamm 334.
Prof. Dr. F. Niethammer VDE, Prag I, Husova 5.
Min.-Rat i. R. Dr. phil. Arthur Schmidt, Berlin-Schlachtensee, Hoensbroechstr. 14a.

Abschluß des Heftes: 28. April 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang **Berlin, 11. Mai 1939** **Heft 19**

Entwicklung und Stand der elektrischen Uhren seit 1919.

Von J. Baltzer VDE, Berlin.

DK 621.34 : 529.78

Übersicht. In großen Zügen wird die Entwicklung der elektrischen Uhren in den Nachkriegsjahren gezeigt, die am stärksten durch das Bestreben, die Kosten des Leitungsnetzes herabzusetzen, und durch die Schaffung und Einführung der Synchronuhren beeinflußt worden ist.

Zwar hat man sich schon sehr frühzeitig, seit etwa hundert Jahren, in mannigfaltiger Form der Elektrizität zum Antrieb von Uhren bedient; bis zur Beendigung des Krieges haben sich jedoch in größerem Umfange nur die sogenannten Zentraluhrenanlagen, und zwar vor allem für öffentliche Betriebe, Verkehrsunternehmungen, Fabriken und Büros eingeführt, bei denen im allgemeinen durch minutliche Stromstöße wechselnder Richtung elektromagnetische Schaltwerke mit Zeigerwerk fortgeschaltet werden, oder bei denen selbständig gehende Einzeluhren in mehr oder minder längeren Zeitabständen in ihren Gangabweichungen nachgestellt worden. Der weitergehenden Verbreitung elektrischer Uhren dieser Art, vor allem für den Privathaushalt, standen dabei die Kosten des erforderlichen eigenen Leitungsnetzes hindernd entgegen. Zwar hat man schon frühzeitig in Deutschland vor allem selbständige Aufzugsuhren mit elektrischer Nachspannung der Feder oder elektrischem Gewichtaufzug, in Frankreich Uhren mit elektromagnetischem Pendelantrieb entwickelt. Aber auch diese Konstruktionen haben sowohl aus wirtschaftlichen wie technischen Gründen erst in den Nachkriegsjahren eine größere Verbreitung gefunden, obwohl sie die Vorteile der Zentraluhrenanlagen, nämlich eine einheitliche genaue Zeitverteilung, nicht erreichen können. Es hat daher nicht an Versuchen gefehlt, Systeme zu schaffen, die nach dem Prinzip einer einheitlichen Zeiteinteilung arbeiten, ohne auf ein eigenes Leitungsnetz angewiesen zu sein.

Wenn auch ein Teil dieser Versuche erfolgreich gewesen ist, so ist doch eine vollkommene Sicherheit der Zeitverteilung auch heute noch nur unter Verwendung eigener Leitungsnetze zu erreichen, so daß in allen Fällen, wo vollkommene Sicherheit verlangt wird, insbesondere in Verkehrbetrieben, auf das eigene Leitungsnetz nicht verzichtet werden kann.

1. Zentraluhrenanlagen mit eigenem Leitungsnetz.

Das früher viel verwandte sogenannte „Regulierungssystem" zeichnete sich dadurch aus, daß von einer Uhrenzentrale über gemietete Telephonleitungen zu einfachen selbständigen Pendeluhren in Abständen von etwa vier Stunden Stromstöße gesandt wurden, wobei die Erde als Rückleitung verwandt wurde; durch diese Stromstöße wurden die etwas auf Voreilung eingeregelten Pendel bis zur Erreichung der genauen übereinstimmenden Zeit angehalten. Diese sogenannten „Anschlußuhren" konnten ihrerseits wieder mit einem Minutenkontakt zur Steuerung von Nebenuhren ausgerüstet werden. In der Zentrale selbst werden die Stromstöße, die jeweils die einzelnen Uhren einer Leitung zu verschiedenen Zeiten erreichen, auf einem Registrierstreifen aufgezeichnet, so daß eine Überwachung möglich ist. Dadurch, daß in jeder Leitungsschleife immer zu einem bestimmten Zeitpunkt jeweils nur eine Uhr geregelt wird, und durch die Verwendung der Erde als Rückleitung ist zweifellos bereits eine sehr wirtschaftliche Ausnutzung des Leitungsnetzes erreicht, die bei sehr großen Anlagen dieser Art neuerdings noch dadurch gesteigert worden ist, daß die Abstände von vier Stunden auf 24 Stunden zwischen zwei Regelungen vergrößert werden. Da jedoch die Anschlußuhren im allgemeinen als verhältnismäßig einfache Uhren mit Halbsekundenpendel oder als Wanduhren mit Sekundenpendel ausgebildet werden, so ist eine ständig gleichmäßige einheitliche Zeiteinteilung nicht erreicht, da die Uhren zwischen den Abständen zweier Regelungen Gangabweichungen zeigen, die sich unter Umständen nicht unwesentlich durch ungünstige Einflüsse auf die Werke vergrößern können.

Man hat deshalb in den letzten Jahren in stärkerem Maße das andere System verwandt, bei dem auch in größeren ausgedehnten Anlagen von einer Uhrenzentrale aus rein elektromagnetische Schaltwerke jede Minute durch Stromstöße wechselnder Richtungen betätigt werden, und hat zur besseren Ausnutzung des Leitungsnetzes statt der früher fast ausschließlichen Parallelschaltung der Nebenuhren die Reihenschaltung in Leitungsschleifen eingeführt, wobei gegebenenfalls Überbrückungsvorrichtungen für ausfallende Nebenuhren und eine Erhöhung der Betriebsspannung bei größeren Anlagen erforderlich ist. Bei sehr großen Anlagen kommt man freilich auch bei diesem System um eine gewisse Dezentralisation nicht herum und schaltet an bestimmten Knotenstellen des Uhrennetzes statt einer Nebenuhr in die Schleifenleitung eine sogenannte „Unterhauptuhr" ein, die aber gleichfalls als hochwertige Präzisionsuhr ausgeführt wird und entweder ebenfalls jede Minute oder in etwas längeren Zeitabständen über die Uhrenleitung synchronisiert wird und ihrerseits eine Kontakteinrichtung für Steuerung weiterer Uhrenleitungen besitzt.

Die Hauptuhren, die entweder in einer hochwertigen Ausführung mit Sekundenpendel oder bei geringeren Ansprüchen mit Dreiviertelsekundenpendel ausgerüstet werden, sind heute durchweg mit einem elektrischen Aufzug des Gehwerkes versehen, und zwar entweder ähnlich wie bei den später besprochenen Selbstaufzugs-Einzeluhren durch Elektromagnete in kürzeren Zeitabständen oder durch Motoren in meist etwas längeren Zeitabständen. Wegen der erforderlichen gleichmäßigen Antriebskraft werden stets die Gewichtsaufzüge anstatt Federaufzüge

verwendet. Bei einer neueren Hauptuhr dient der Aufzugsmagnet gleichzeitig auch zur Steuerung des Kontaktwerkes für die angeschlossenen Nebenuhren. Hier ist also das sonst bei den Hauptuhren seit vielen Jahren bekannte und bewährte mechanische, von der Hauptuhr durch ein Trieb oder durch das Steigrad ausgelöste Kontaktlaufwerk aufgegeben worden; solche Laufwerke sind zwar sehr einfach herzustellen, bedingen aber eine gewisse Verzögerungszeit zwischen der Laufwerkauslösung und dem eigentlichen Kontaktschluß.

Soweit der Gewichtsaufzug, wie heute allgemein üblich, vom Starkstromnetz aus oder von einer größeren Uhrenbatterie erfolgt, ist meistens eine Gangreserve vorgesehen, damit die Hauptuhr bei etwaigen Stromstörungen der Uhrenanlage nicht stehenbleibt, so daß dann nach der Hebung der Stromstörung die Nebenuhren durch eine handbetätigte Nachstellvorrichtung entsprechend dem Zeigerstand der Hauptuhr nachgestellt werden können. Bei der erwähnten Hauptuhr, bei der der Aufzugsmagnet auch zur Kontaktsteuerung dient, ist dagegen die Vorrichtung so getroffen, daß beim Wiederauftreten des Stromes der Aufzugsmagnet nicht nur so oft betätigt wird, bis der Abfall des Gewichtes in der Gangreservezeit ausgeglichen wird, sondern es werden dabei auch die Nebenuhren selbsttätig durch den Aufzugsmagneten bis zur Erreichung der richtigen Zeit nachgestellt.

Der wichtigste und empfindlichste Teil der Hauptuhren ist der Stromwechselkontakt, der dazu dient, minutlich in die Uhrenleitungen Stromstöße zu senden, deren Richtung bei zwei aufeinanderfolgenden Stromstößen stets wechselt. Dieser Wechsel in der Richtung der Stromstöße ist notwendig, um Beeinflussungen der Nebenuhren durch atmosphärische Induktionsströme auszuschalten; die Nebenuhren sind, wie wohl allgemein bekannt ist, als polarisierte Schaltwerke ausgebildet, bei denen durch die Ankerbewegung eine derartige Änderung der Pole eintritt, daß nur bei einer Umkehrung der Stromrichtung eine zweite Fortschaltung möglich ist. Grundsätzlich hat der Stromwechselkontakt der Hauptuhr ein Mittelstück, das mit einem Pol der Batterie verbunden ist, auf dem Kontaktfedern aufliegen, die mit den Uhrenleitungen verbunden sind. Der andere Pol der Batterie ist mit einem Exzenter verbunden, der in der Minute eine Drehung um 180° ausführt und jeweils eine Kontaktfahne von dem Mittelstück abhebt. Bei der einfachsten Ausführung dieser Art tritt bei jeder Kontaktbetätigung kurzfristig ein Kurzschluß der Batterie ein, da der Exzenter zunächst mit einer Kontaktfahne in Berührung kommt, also den Strom über das Mittelstück kurzschließt, ehe er die Fahne abhebt. Solange nun für kleine elektrische Uhrenanlagen galvanische Elemente als Stromquellen verwandt wurden, wirkte sich diese Schaltung wegen des verhältnismäßig hohen inneren Widerstandes und der sehr kurzen Zeit des Batteriekurzschlusses nicht nachteilig aus. Sobald man jedoch zum Akkumulatorenbetrieb übergeht, ist es unbedingt notwendig, eine geeignete Überbrückungsvorrichtung durch Vorschaltungen von Widerständen usw. zu verwenden, die sich z. T. selbsttätig ein- und ausschalten; beim Ersatz galvanischer Elemente für ältere kleinere Uhrenanlagen durch Akkumulatorenbetrieb ist hierauf unbedingt zu achten. Ferner werden heute durchweg besondere Vorrichtungen, insbesondere durch Parallelschaltung von Kondensatoren zu den Kontakten, vorgesehen, um den Öffnungsfunken bei der häufigen Öffnung der induktiven Stromkreise herabzudrücken oder ganz auszuschalten. Welche Bedeutung diese Maßnahme gerade bei Hauptuhren hat, geht am besten daraus hervor, daß täglich nicht weniger als 1440 Kontaktöffnungen erfolgen. Daß vor allem in explosionsgefährdeten Räumen diese Frage ebenso wie für alle Selbstaufzugsuhren mit Steuerkontakten von erheblicher Bedeutung ist, bedarf hier keiner Erörterung[1]).

[1]) Die kürzlich in H. 42 der ETZ 59 (1938) S. 1134, linke Sp. unten, aufgestellte Behauptung, daß elektrische Uhren keine funkengebenden Teile enthielten, trifft also in dieser Verallgemeinerung nicht zu.

Sobald die Zahl der an eine Hauptuhr anzuschließenden Nebenuhren gewisse Grenzen überschreitet, kann die Schaltung nicht mehr unmittelbar durch den Stromwechselkontakt erfolgen, sondern man benötigt zwischengeschaltete Relais oder „Mehrlinienkontakte", bei denen nacheinander die einzelnen Linien durch den Stromwechselkontakt eingeschaltet werden; da die letztgenannte Anordnung jedoch den Nachteil hat, daß zwischen der Schaltung der ersten Leitung und derjenigen der letzten Leitung Zeitabstände von mehreren Sekunden liegen, so ist man neuerdings fast ausschließlich zur Verwendung von Relais übergegangen, wofür teils Metallkontakte, teils Quecksilberschaltröhren benutzt werden.

Zu jeder Hauptuhr gehört eine ganze Reihe von Kontrollgeräten zur Nachprüfung des Spannungs- und Leitungszustandes, in größeren Anlagen ferner zu jeder Uhrenschleife eine Nebenuhr, welche einen Vergleich der angeschlossenen Nebenuhren mit der Hauptuhr gestattet; in größeren Anlagen kommt man überhaupt ohne eine regelmäßige Überwachung und Wartung nicht aus.

Für astronomische Zwecke, insbesondere in den Sternwarten, oder für Sonderaufgaben in der Industrie benutzt man auch Anlagen, bei denen der Stromwechselkontakt sekundlich betätigt wird und somit die Nebenuhren sekundlich fortgeschaltet werden. Bei Schiffsuhrenanlagen ist ferner vor allem die Nachstellvorrichtung bemerkenswert, die sowohl eine Vorstellung wie auch eine Nachstellung möglich machen muß, um die Schiffszeit der Zonenzeit der jeweils durchfahrenen Längengrade anzupassen.

Eine wichtige Abänderung der bisher beschriebenen Hauptuhren sind die sogen. „Magneta"-Hauptuhren, bei denen keine Akkumulatorenbatterien verwandt werden, sondern zur minutlichen Stromerzeugung ein von der Hauptuhr selbst mechanisch betätigter Magnetinduktor die Stromstöße liefert, wobei das System jedoch wegen der geringen Stromstärke Nebenuhren mit sehr leichten Ankern und Zeigern verlangt, so daß die Einschaltung größerer Nebenuhren Schwierigkeiten bereitet.

Neben dem Fehlen der Stromquelle haben die Magneta-Hauptuhren auch noch den Vorzug, daß sie keinen Kontakt enthalten. Erwähnenswert sind ferner noch die gleichfalls auf kleinere Anlagen beschränkten „Ato"-Uhrenanlagen, deren Nebenuhren elektromagnetisch betriebene Pendel enthalten, die durch sekundliche Stromstöße von einer Hauptuhr durch ein Solenoid ständig neue Antriebskraft zugeführt erhalten; über die Bauart der Ato-Uhren wird weiter unten kurz berichtet.

Die Nebenuhren sind heute in so vielen Tausenden von Exemplaren in Betrieb, daß auf ihre Einzelheiten hier nicht eingegangen zu werden braucht; aus den erwähnten Gründen werden heute ausschließlich polarisierte Schaltwerke verwendet, deren Anker einerseits unter der Wirkung eines Dauermagneten, anderseits eines durch die wechselnden Stromstöße erregten Elektromagneten stehen. Für die Sicherheit der Arbeitsweise kommt es vor allem darauf an, daß die Luftspalte möglichst schmal und durch die Form der Polschuhe die Streuflüsse möglichst klein gehalten werden; dem Nachlassen der Dauermagnete sucht man vor allem durch Verwendung von Magnetlegierungen hoher Koerzitivkraft zu begegnen; neuerdings werden z. B. aus Aluminium-Nickel-Stählen hergestellte Trommelmagnete verwendet.

2. Sondergebiete von Zentraluhrenanlagen mit eigenen Leitungen.

Vor allem die Nebenuhren werden mit einer Reihe von Zusatzeinrichtungen zur besseren Ausnutzung der Vorzüge einheitlicher Zeitverteilung ausgerüstet, während die Hauptuhren zwecks hoher Ganggenauigkeit möglichst von zusätzlichen Belastungen freigehalten werden sollen. Solche Zusatzeinrichtungen sind in erster Linie Signalsteuerungs-Vorrichtungen, die meistens in Form von mit Kontaktstiften versehenen Schei-

ben ausgebildet werden, ferner der Anschluß von Arbeitszeitkontrollapparaten, Wächterkontrollgeräten, Zeitstempeln usw. Solche Vorrichtungen sind allgemein bekannt.

Das Prinzip der elektrischen Fernsteuerung von Uhren hat in den letzten Jahren aber vor allem neuartige Anwendungen in der astronomischen Präzisionszeitmessung der Sternwarten, in der Geodäsie usw. gefunden, wobei das Bestreben dahin geht, als Zeitnormale ein möglichst „freies" Pendel zu schaffen, das tunlichst von allen mechanischen Belastungen befreit ist. Bei den in der Washingtoner und der Greenwicher Sternwarte mit großem Erfolg verwendeten „Shortt"-Uhren schwingt das eigentliche Hauptpendel infolge des Fortfallens aller ölungsbedürftiger Hemmvorrichtungen usw. in dem tiefen Vakuum von 30 mm Quecksilbersäule, wodurch Schwankungen der Luftdichte und der Luftreibung so stark vermindert werden, daß zum Antrieb des Pendels ein nur alle 30 Sekunden ausgelöstes Gewicht von 0,43 g bei einer Fallhöhe von 2 mm ausreicht. Dieses Antriebsgewicht wird nun durch einen Elektromagneten ausgelöst, der seinerseits von einem besonderen Nebenpendel durch einen Kontakt betätigt wird. Umgekehrt wird dieses Nebenpendel von dem Hauptpendel aus dadurch synchronisiert, daß das herabfallende Antriebsgewicht des Hauptpendels einen Kontakt schließt, der einen Magneten betätigt, der das Antriebsgewicht wieder anhebt, und der zugleich eine feinfühlige Synchronisierung betätigt.

In Deutschland ist ein ähnliches Prinzip bei der sogenannten „Schuler"-Uhr angewendet, bei dem jedoch der Antrieb des Hauptpendels elektromagnetisch durch einen vom Nebenpendel ausgelösten Stromstoß erfolgt. Während bei der Shortt-Uhr immer noch eine mechanische Berührung der Antriebsteile miteinander und mit dem Magnetkontakt erfolgt, wird bei der Schuler-Uhr zur Steuerung des Synchronisierungsstromes des Nebenpendels ein „Photozellen-Kontakt" verwendet, indem an der Pendelspitze eine optische Einrichtung angebracht ist, die beim Durchgang durch die Mittellage das Licht einer Glühlampe auf die Photozelle wirft, wodurch ein kurzzeitiger Photostrom entsteht, der nach entsprechender Verstärkung das Nebenpendel synchronisiert.

„Freie" Pendel ohne Kontakt für Messungen und Registrierungen sind ferner nach Lejay und nach Mahnkopf auch dadurch erreicht worden, daß man durch das schwingende Pendel die Kapazität eines Schwingungskreises verändert, indem die den einen Kondensatorteil bildende Pendelspitze ihre Lage zu dem anderen Kondensatorteil ändert. Die Verstimmung des Schwingungskreises bewirkt dann eine Registrierung auf einem Chronographen oder dergleichen.

3. Uhrenanlagen mit Betrieb über fremde Leitungen.

In der Fernmeß- und Fernschalttechnik werden bekanntlich seit mehreren Jahren erfolgreiche Verfahren angewendet, durch Überlagerung von Mittelfrequenzen über das Leitungsnetz des niederfrequenten Wechselstromes Schaltorgane und Meßgeräte fernzusteuern. Da auch Nebenuhren reine Schaltorgane sind, lag der Gedanke an sich nahe, solche Anordnungen auch für den Betrieb von Zentraluhrenanlagen zu verwenden. Ein früher viel erörterter Plan, über die Kraftverteilungsleitungen solche tonfrequenten Steuerfrequenzen für den Uhrenbetrieb, sowie insbesondere auch für die Umschaltung von Mehrfachtarifzählern, zu verwenden, ist über das Versuchsstadium bisher nicht hinausgekommen. Abgesehen von den verhältnismäßig hohen Übertragungsverlusten sind auch Störungsmöglichkeiten vorhanden, da die angeschlossenen Uhren bei Stromunterbrechungen nicht gesteuert werden. In größerem Umfange hat man dagegen Versuchsanlagen gebaut, um über die Telephonleitungen neben dem Fernsprechbetrieb durch überlagerte Stromstöße bei den Fernsprechteilnehmern angeschlossene Uhren zu steuern. Die Hauptursache für das Zurücktreten solcher Pläne dürfte jedoch in erster Linie in dem erfolgreichen Vordringen der später erörterten Synchronuhren zu suchen sein.

Während bei diesen Systemen ständig zu anderen Zwecken benutzte Leitungen nebenbei auch für den Uhrenbetrieb verwendet werden sollen, kann man bei der praktisch bewährten Steuerung von Uhren über die Leitungen von Feuermeldeanlagen eher davon sprechen, daß ein eigenes Uhrenleitungsnetz zwecks besserer Ausnutzung für andere Zwecke nebensächlich verwendet wird, da die Feuermeldung ja nur in Ausnahmefällen betätigt wird.

Es ist schließlich verständlich, daß der große Aufschwung der drahtlosen Hochfrequenztechnik den Gedanken nahelegte, ganz auf Leitungsnetze zu verzichten und eine Uhrensteuerung auf drahtlosem Wege vorzunehmen. Sowohl aus wirtschaftlichen Gründen wie auch wegen der häufigen atmosphärischen Störungsmöglichkeiten hat ein System keinen Erfolg gehabt, bei dem ein besonderer „Zeitsender" mit einer eigenen Zeitsendewelle vorgesehen war, durch die verhältnismäßig einfache Anschlußuhren (ähnlich dem erwähnten Regulierungssystem), aber in kurzen Zeitabständen von einer Minute beeinflußt werden sollen. Die etwaige Ersparnis bei diesen Anschlußuhren gegenüber den meist üblichen hochwertigen Hauptuhren kleinerer Uhrenanlagen ist im Verhältnis zu den Kosten des Sendebetriebes viel zu gering bzw. wird sie durch die Mehrkosten bei weitem aufgewogen, so daß auch vielfache Abwandlungen solcher Systeme über die Patentliteratur nie hinausgekommen sind.

Im Gegensatz dazu wird bei einem praktisch durchgeführten System auf eine besondere regelmäßige Zeitsendung verzichtet und statt dessen zur einmaligen täglichen Regelung einer normalen Hauptuhr das bekanntlich um 13^{00} und um 1^{00} von der Hamburger Seewarte ausgesendete amtliche Zeitsignal zur Einstellung verwendet. Der Empfänger dieser Einstellvorrichtung wird durch einen von der Hauptuhr kurz vor Beginn des Signales über eine Kontaktscheibe betätigten Vorkontakt in Betrieb gesetzt, und zwar wird der Heizstromkreis eingeschaltet und die bis dahin geerdete Antenne an den Empfänger gelegt, worauf nach der Vorheizung der Röhren durch einen zweiten Kontakt die Anodenspannung angelegt und ein Relais erregt wird, das die Einstellvorrichtung vorbereitet. Durch die Signalzeichen der zweiten Minute des sogenannten „Vorsignales" wird dann über eine Reihe anderer Relais eine auf der Sekundenwelle der Hauptuhr sitzende Herzscheibe betätigt, so daß der Sekundenzeiger genau beim Beginn des eigentlichen Hauptsignals auf $12^{h}\,57^{m}\,0^{s}$ die genaue Zeit gestellt wird.

4. Synchronuhren.

Bei den heute vor allem im Privathausbetrieb stark verbreiteten Synchronuhren treibt ein kleiner an den Wechselstrom angeschlossener Synchronmotor über Räderuntersetzungen ein einfaches Zeigerwerk an; wird im Kraftwerk dafür gesorgt, daß die Frequenz des Wechselstromes in sehr engen Grenzen konstant bleibt und die kleinen Abweichungen ständig nachgeregelt werden, so ist mit diesen Uhren eine erstaunlich hohe Genauigkeit der Zeitanzeige zu erreichen, die in Berlin beispielsweise bis auf ± 2 s genau gehen. Da die Uhren weder Federwerke noch Gangregler noch Kontakte haben, so ist somit eine einheitliche Zeitverteilung ohne ein eigenes Leitungsnetz in sehr einfacher und bequemer Weise erreicht, vorausgesetzt, daß nur verhältnismäßig selten Stromstörungen eintreten, durch die die Uhren sofort zum Stillstand kommen. Die Praxis der letzten Jahre hat gezeigt, daß vor allem in den engvermaschten Großstadtnetzen zentrale Stromstörungen so selten vorkommen, daß diese von dem Verbraucher wegen der hohen und billig erreichbaren Genauigkeit der Uhren ohne weiteres in Kauf genommen werden, vor allem, da durch die

häufigen Zeitansagen im Rundfunk und die genauen Zeitzeichen jederzeit eine Möglichkeit besteht, nach etwaigen Stromausfällen die Uhren richtig zu stellen. Der Vergleich einer Synchronuhr im Kraftwerk mit einer astronomischen Pendeluhr dient übrigens als Mittel einer sehr genauen Frequenzkontrolle, die den Elektrizitätswerken heute bekanntlich sehr wichtig ist.

Besonders preiswert sind solche Synchronuhren mit den sogenannten „Anwerfmotoren", die keinem Patentschutz unterliegen, aber auch bei ganzen kurzfristigen Ölschalterausfällen von Bruchteilen einer Sekunde sofort stehenbleiben und von Hand wieder angeworfen werden müssen. Für Bürouhren, vor allem aber in ländlichen Gegenden mit häufigen kurzfristigen Ölschalterausfällen, ferner überwiegend für die später zu besprechenden Synchronuhren mit Gangreserve werden daher besser selbstanlaufende Synchronmotoren verwendet, die entweder als Hysteresemotoren mit Übereinstimmung der synchronen und der durch ein künstliches Anlauffeld erzeugten asynchronen Drehzahl oder als sogenannte „Untersynchronmotoren" hergestellt werden, bei denen die asynchrone Drehzahl des selbstanlaufenden Teiles ein Mehrfaches der Synchrondrehzahl ist, so daß bei Selbstanlauf der Motor vor Erreichung der asynchronen Drehzahl durch das Synchronfeld abgefangen wird.

Die früher viel erörterte Frage, ob Selbstanläufer oder Anwerfmotoren zu bevorzugen sind, ist durch die günstigere Preisstellung der Anwerfmotoren dahingehend entschieden, daß in allen Netzen mit seltenen Stromstörungen diese Motoren für Privathausuhren bevorzugt werden, während vor allem für Gangreserveuhren die Selbstanläufer fast ausschließlich verwandt werden.

5. Elektrische Selbstaufzuguhren.

Wenn vor den Synchronuhren mit Gangreserve hier erst die Selbstaufzuguhren behandelt werden, so hat das seine Ursache darin, daß die heute üblichen Gangreserve-Synchronuhren eigentlich nichts anderes als durch besondere Mittel vom Netzwechselstrom synchronisierte Aufzuguhren sind.

Aufzuguhren werden trotz der großen Fortschritte der Synchronuhren überall dort ihre Bedeutung behalten, wo entweder Elemente zum Uhrenantrieb bevorzugt werden, oder wo Gleichstrom vorhanden ist oder die Frequenzkonstanz und Störungsfreiheit des Wechselstroms für den Betrieb von Synchronuhren nicht ausreicht.

Man unterscheidet außer nach der Art der Stromquelle, wobei heute Starkstrom-Uhren wegen der wirtschaftlicheren Betriebsweise den Elementuhren meist vorgezogen werden, solche Uhren nach der Art des Aufzuges als Uhren mit Magnetaufzug oder mit motorischem Aufzug. Der Magnetaufzug, bei dem meistens ein Schwinganker bei Stromschluß durch einen vom Uhrwerk gesteuerten Kontakt kräftig angezogen wird und die Zugfeder um das Maß ihres Ablaufes nachspannt, haben vor allem den Vorteil, daß sie sowohl für Gleichstrom wie für Wechselstrom verwendbar sind und eine sehr häufige Nachspannung, meist im Abstande von etwa 4 min, der Zugfeder erlauben; dadurch wird eine außerordentlich große Gleichmäßigkeit der Antriebskraft erreicht, welche nach durchgeführten Untersuchungen die Gangfehler gegenüber den mechanischen Uhren auf etwa ein Viertel herabsetzt.

Die motorischen Aufzüge haben den Vorteil, daß sie meist eine größere Kraft hergeben, die auch für den Antrieb eines Schlagwerkes verwendet werden kann, und die es ferner gestattet, den Aufzug in längeren Zeitabständen vorzunehmen, so daß die empfindlichsten Teile aller elektrischen Uhren, die Kontakte, nicht so häufig in Anspruch genommen werden. Der Nachteil besteht dann natürlich in einer geringeren Gleichmäßigkeit der Antriebskraft infolge des stärkeren Nachlassens der Federspannung zwischen zwei Aufzugperioden.

Es werden entweder Hauptstrom-Kommutatormotoren oder Induktionsmotoren verwendet, vor allem Ferrarismotoren, die ständig angeschlossen sind und ständig die Feder nachspannen, so daß die letztgenannten Uhren überhaupt keine Kontakte benötigen. Um zu vermeiden, daß der Motor ständig auf die Feder drückt, hat man besondere Bremsvorrichtungen eingebaut, bei denen ein Bremshebel oder dergleichen auf die Läuferscheibe einwirkt. Soweit in motorisch betriebenen Uhren Kontakte verwandt werden, erfolgt die Steuerung im allgemeinen durch eine sogenannte Wandermutter, indem bei der Drehung des Federhauses eine mit derselben verbundene Mutter auf einer Gewindespindel in der einen Richtung wandert und in einer bestimmten Stellung den Kontakt schließt, während bei dem dann folgenden Aufzug durch die Drehung der Gewindespindel die Mutter in entgegengesetzter Richtung wandert und nach vollendetem Aufzug den Motor wieder abschaltet.

Bei allen elektrischen Selbstaufzuguhren sind aus den genannten Gründen die Kontakte die empfindlichsten und am häufigsten zu Störungen Anlaß gebenden Teile, so daß man zur Vermeidung der Funkengefahr bei Magnetaufzugsuhren vielfach statt mechanischer Kontakte Quecksilberschaltröhren verwendet, deren Quecksilber in der tiefsten Stellung des Aufzugsmagneten den Kontakt schließt.

Alle Starkstrom-Selbstaufzuguhren müssen mit einer ausreichenden Gangreserve versehen sein; da in der Gangreservezeit sich genau so wie bei mechanischen Uhren die Antriebskraft wesentlich ändert, so sinken auch in der Gangreservezeit die Leistungen der Uhren beträchtlich; dem ist man bei einer neueren Konstruktion durch Einbau eines besonderen Kraftreglers mit einer Ausgleichfeder in die Hemmung begegnet, der während des Strombetriebes ständig wirkt, weil die Feder während dieses Betriebes verhältnismäßig zu stark ist, ebenso noch während der ersten Stunden der Gangreserve, so daß erst bei sehr langen Stromstörungen größere Gangschwankungen durch Nachlassen der Federkraft eintreten können.

Im Gegensatz zu der überwiegenden Entwicklung der Selbstaufzuguhren in Deutschland hat man in Frankreich ganz allgemein und seit mehreren Jahren auch in Deutschland bei den sogenannten „Ato"-Uhren federwerklose Pendeluhren verwendet, bei denen das Pendel an seiner Spitze einen Dauermagneten trägt, der bei jeder Schwingung in ein Solenoid eintaucht, das durch einen gleichfalls vom Pendel betätigten Kontakt mit Strom aus einem Element kurzfristig gespeist wird und so dem Pendel einen zusätzlichen Antrieb gibt. Diese Konstruktion ist zwar recht empfindlich gegen Erschütterung und Abweichungen aus der Vertikallage, erzielt jedoch vor allem bei Halbsekundenpendeluhren geradezu erstaunliche Ganggenauigkeit.

6. Synchronuhren mit Gangreserve.

Synchronuhren können auch in Netzen mit guter Frequenzregelung nur dann ohne eine Gangreserve betrieben werden, wenn längere Stromstörungen so gut wie ausgeschlossen sind. In allen ländlichen Gegenden, vor allem aber auch für Bürouhren usw., ist man daher auf Synchronuhren mit Gangreserve angewiesen. Früher hat man hier den Weg beschritten, zwei völlig voneinander getrennte Werke zu verwenden, das mechanische Reservewerk während des Synchronlaufes stillzusetzen und es bei Ausfall des Stromes selbsttätig an das Zeigerwerk anzukuppeln. Da aber bei allen stillstehenden Werken die Gefahr rascher Ölverdickung besteht, außerdem die Konstruktion umständlich und teuer ist, ist man allgemein dazu übergegangen, eine selbständig gehende Uhr mit Federwerk und Gangreserve zu verwenden, deren Feder motorisch aufgezogen und deren Gangregler (Pendel oder Unruh) vom Netzwechselstrom aus synchronisiert wird. Die Synchronisierung erfolgt entweder auf rein mechanischem Wege, indem von einem Synchronmotor, der

gleichzeitig zum Federaufzug dient, ein Kurbelgetriebe gedreht wird, das bei jeder Schwingung an der Spiralfeder angreift bzw. einem Pendel einen Impuls gibt, so daß also der freien Schwingung des Gangreglers eine erzwungene Schwingung im herabgesetzten Takte überlagert wird. Trotz der offenbar hohen mechanischen Beanspruchung der empfindlichen Gangreglerteile sind mit diesen Konstruktionen recht gute Ergebnisse erzielt worden. Bei einer neueren Konstruktion hat man auf einen unmittelbaren mechanischen Angriff am Gangregler verzichtet und statt dessen die ganze Hemmung auf einen drehbar gelagerten Hemmungsträger gesetzt, der gleichfalls durch eine Kurbel vom Synchronmotor in pendelnde Bewegung versetzt wird, so daß durch reine Resonanzwirkung die Synchronisierungskraft auf den Gangregler übertragen wird.

Bei einer neuen Synchronuhr mit Gangreserve hat man dagegen eine elektromagnetische Synchronisierung des Gangreglers verwendet, indem die Unruh einen Stahlstreifen an ihrem Umfange trägt, der bei jeder Schwingung zwischen zwei Streublechen hindurchschwingt, die von dem Ständer eines Ferraris-Motors abgezweigt sind. Durch die anziehende und abstoßende Wirkung des magnetischen Wechselflusses auf die Unruh wird die Synchronisierungswirkung erreicht, ohne daß man, wie bei den vorgenannten Konstruktionen, auf die noch ziemlich kostspieligen selbstanlaufenden Synchronmotoren angewiesen ist, da hier der Motor nur die rein mechanische Aufgabe des Federaufzuges hat, ohne daß seine Drehzahl konstant zu sein braucht.

Synchronuhren werden heute ebenso wie die elektrischen Selbstaufzugsuhren auch als Schlagwerkuhren, elektrische Wecker usw. hergestellt. Ein großer Vorzug der Synchronuhren allgemein ist schließlich noch der, daß infolge der starken Übersetzung ins Langsame an den Zeigerachsen sehr große Kräfte zur Verfügung stehen, so daß auch sehr große Uhrzeiger mit kleinen Motoren betrieben werden können.

Zusammenfassung.

Die Uhrenanlagen mit eigenem Leitungsnetz haben trotz der hohen Anlagekosten ihre Bedeutung überall, wo es auf vollkommene Sicherheit ankommt, behalten; die Konstruktionen sind erheblich vervollkommnet und für Sonderaufgaben weiter entwickelt worden. In der Präzisionszeitmessung kommt neben den „Quarzuhren" dem „freien Pendel" besondere Bedeutung zu. Für den Privatgebrauch haben sich zahlreiche Arten von mechanischen Einzeluhren mit selbsttätigem elektrischem Aufzug eingeführt; in Netzen mit sehr genauer Frequenzkontrolle sind sie von den Synchronuhren, mit und ohne Gangreserve, weitgehend verdrängt worden.

Aus dem Schrifttum.

1. Die „Onogo-Uhr", Siemens-Z. 14 (1934) S. 358. Bericht: ETZ 56 (1935) S. 439.
2. F. Hope u. Jones, Electrician 113 (1934) S. 532. Bericht: ETZ 56 (1935) S. 492.
3. O. Schmücking, Verbesserung des photoelektromagnetischen Antriebs von Präzisionsuhren, Dissertation Jena. Bericht: ETZ 57 (1936) S. 155.
4. J. Baltzer, Der heutige Stand der elektrischen Uhren. Dtsch. Uhrm. Ztg. 58 (1934) S. 363.
5. M. Lavet, Untersuchungen über Verfahren zur Synchronisierung von Pendeluhren und anderen mechanischen Schwingern. Rev. gén. Électr. 46 (1934) S. 563, 575 u. 507; Bull. Soc. franc. Électr. 5 (1935) S. 39. Bericht: J. Baltzer, ETZ 56 (1935) S. 508.
6. W. Holmes u. E. Grundy, Kleine selbstanlaufende Zeitsynchronuhren. Vortrag vor dem Instn. electr. Engrs. am 1. 3. 1935. Bericht: ETZ 56 (1935) S. 1073.
7. W. Kesseldorfer, Kurzer Überblick über den Entwicklungsstand des Antriebs von Synchronuhren. ETZ 56 (1935) S. 1271.
8. H. Bock, Synchronuhren mit Zentrifugalpendel, Z. Instrumentenkde. 58 (1938) S. 261. Bericht: ETZ 59 (1938) S. 1022.
9. Die bisherigen Ergebnisse der Quarzuhren, ETZ 57 (1936) S. 342.
10. A. Griesbach, Über elektrische Einheiten nebst einem Beitrag zur genauen Bestimmung der Zeiteinheit auf elektrischem Wege. ETZ 57 (1936) S. 99.
11. G. Keinath, Spitzenleistungen der neuzeitlichen Meßtechnik. ETZ 57 (1936) S. 89.
12. Elektrische Zeit- und Schaltuhren, AEG-Mitt. (1933) S. 368. Bericht: ETZ 57 (1936) S. 67.
13. F. Thiesen, Elektrische Uhren und Uhren für technische Zwecke, Bd. I und II, Berlin 1937. Verlag: Deutsche Verlagswerke Strauß, Vetter & Co.
14. Schriftenreihe der Gesellschaft für Zeitmeßkunde und Uhrentechnik, Bd. II, IV, VI und VIII.

Die Energieübertragung bei parallelarbeitenden Kraftwerken mit Berücksichtigung der Stabilität der Kupplungsleitungen.

Von W. Laubenheimer VDE, Halle.

DK 621.316.1.018/.019

Übersicht. Ausgehend von den Spannungsgleichungen wird der Einfluß der für die Verschiebung von Wirk- und Blindlast beim Parallelbetrieb zweier Kraftwerke maßgebenden Größen rechnerisch untersucht.

1. Allgemeine Voraussetzungen.

Die Spannungsgleichungen werden für das stromabgebende Kraftwerk in der Form

$$\mathfrak{U}_1 = \mathfrak{z}\,\mathfrak{J}_1 + \mathfrak{U}_2$$

für das stromaufnehmende Kraftwerk in der Form

$$\mathfrak{U}_2 = \mathfrak{z}\,\mathfrak{J}_2 + \mathfrak{U}_1$$

angeschrieben; dabei bedeuten

$\mathfrak{U}_1, \mathfrak{U}_2$ Kraftwerkssammelschienenspannung/Strang,

$\mathfrak{J}_1, \mathfrak{J}_2$ der auf das stromabgebende bzw. stromaufnehmende Kraftwerk bezogene Strom

$\mathfrak{z} = R + j\,x$ der komplexe Übertragungswiderstand der Kupplungsleitung.

Die Lage der Strom- und Spannungszeiger, wie sie sich aus den Spannungsgleichungen ergibt, ist in der Abb. 1 gezeigt[1]); dabei ist angenommen, daß $\mathfrak{J}_2 = -\mathfrak{J}_1$, d. h. daß die Kupplungsleitung weder Kapazität noch Ableitung besitzt. Bei dem stromabgebenden Kraftwerk sind demnach Klemmenspannung und Wirkstrom in Phase, bei dem stromaufnehmenden Kraftwerk in Gegenphase.

Abb. 1. Lage der Strom- und Spannungszeiger im Zeitdiagramm.

Vom Stromerzeuger gelieferter Magnetisierungsstrom eilt der Klemmenspannung um $\pi/2$ nach, vom Verbraucher aufgenommener Magnetisierungsstrom eilt der Spannung um $\pi/2$ vor.

2. Die Energieübertragung.

Abb. 2 a stellt das Schema einer Kraftübertragung dar. Die Sammelschienen beider Werke sind durch eine Kupplungsleitung miteinander verbunden.

Vernachlässigt man den Einfluß der Kapazität und der Ableitungswiderstände, so erhält man das in Abb. 2 b gezeichnete Ersatzbild.

[1]) S. a. Richter, Elektrische Maschinen, Bd. II.

Die Energie fließe von Werk 1 nach Werk 2, d. h. Werk 1 sei Stromlieferant und Werk 2 Stromabnehmer.

Die Sammelschienenspannungen $\mathfrak{U}_1$ und $\mathfrak{U}_2$ sollen durch selbsttätige Regler konstant gehalten werden, wobei der Absolutbetrag der beiden Spannungen verschieden sein kann.

Abb. 2a. Schema der Kraftübertragung.

Abb. 2b. Ersatzbild der Kupplungsleitung.

Aus der Gleichung für das stromabgebende Kraftwerk $\mathfrak{U}_1 = \mathfrak{z}\,\mathfrak{I}_1 + \mathfrak{U}_2$ ergibt sich der in die Kupplungsleitung eintretende Strom durch Erweitern mit dem konjugiert komplexen Widerstand der Kupplungsleitung zu

$$\mathfrak{I}_1 = \frac{\mathfrak{U}_1 - \mathfrak{U}_2}{z^2} R - j \frac{\mathfrak{U}_1 - \mathfrak{U}_2}{z^2} x$$

wo $z^2 = R^2 + x^2$.

Wir setzen

$$\mathfrak{I}_1 = \mathfrak{I}_b + \mathfrak{I}_w$$

wo $\mathfrak{I}_b = \frac{\mathfrak{U}_1 - \mathfrak{U}_2}{z^2} R$; $\mathfrak{I}_w = -j \frac{\mathfrak{U}_1 - \mathfrak{U}_2}{z^2} x$.

Der Strom I_b ist in Phase zur Differenzspannung $\mathfrak{U}_1 - \mathfrak{U}_2$; der Strom I_w eilt der Differenzspannung $\mathfrak{U}_1 - \mathfrak{U}_2$ um den Winkel $\pi/2$ nach.

Wir betrachten zwei ausgezeichnete Fälle:

a. In Abb. 3a eile der Vektor der Sammelschienenspannung $\mathfrak{U}_1$ des Kraftwerks 1 um einen Winkel ϑ gegenüber dem Spannungsvektor $\mathfrak{U}_2$ vor.

Abb. 3a. Spannungs- und Stromdiagramm bei annähernd gleichen um den Winkel ϑ verschobenen Sammelschienenspannungen.

Abb. 3b. Spannungs- und Stromdiagramm bei phasengleichen aber dem Absolutbetrag nach verschiedenen Sammelschienenspannungen.

Die beiden Spannungen seien annähernd gleich groß. Es fließen die eingezeichneten Ströme $\mathfrak{I}_b$ und $\mathfrak{I}_w$, deren Absolutbetrag

$$I_b = \frac{|\mathfrak{U}_1 - \mathfrak{U}_2|}{z^2} R; \qquad I_w = \frac{|\mathfrak{U}_1 - \mathfrak{U}_2|}{z_2} x.$$

Aus dem Bild 3a ergibt sich:

I_b ist in bezug auf $\mathfrak{U}_1$ ein reiner Blindstrom; I_w ein reiner Wirkstrom. Demnach ergibt sich nach Abb. 1:

Werk 1: liefert Wirkstrom und nimmt Magnetisierungsstrom auf,

Werk 2: empfängt Wirkstrom und gibt Magnetisierungsstrom ab.

b. Nimmt man $\mathfrak{U}_1$ und $\mathfrak{U}_2$ phasengleich, aber in ihrer Größe verschieden an, so ergibt sich nach Bild 3b:

Werk 1: liefert Wirkstrom und Magnetisierungsstrom an Werk 2,

Werk 2: nimmt Wirkstrom und Magnetisierungsstrom von Werk 1 auf.

Im Falle a wird die Energie durch die sogenannte Querspannung, im Falle b durch die Längsspannung übertragen. Der Absolutbetrag der Wirk- und Blindströme ist abhängig von dem Differenzbetrag der am Anfang und Ende der Leitung herrschenden Spannungen und den Leitungskonstanten.

Abb. 4. Spannungsdiagramm bei der Energieübertragung durch reine Querspannung.

A. Die Energieübertragung durch Querspannung.

Die Sammelschienenspannung in beiden Werken sei gleich und werde durch Schnellregler konstant gehalten. Will man Wirklast von Werk 1 nach Werk 2 geben, so muß die Füllung der Turbinen im Werk 1 vergrößert werden. Es stellt sich im stationären Zustand das in Abb. 4 gezeichnete Spannungsdreieck ein. Der Spannungszeiger $\mathfrak{U}_1$ eilt dem Zeiger $\mathfrak{U}_2$ um den Verdrehungswinkel ϑ vor.

Der auf Werk 1 bezogene Strom ergibt sich zu

$$\mathfrak{I}_1 = \frac{\mathfrak{U}_1 - \mathfrak{U}_2}{\mathfrak{z}}$$

Die Differenzspannung $\mathfrak{U}_1 - \mathfrak{U}_2$ bezeichnet man als Querspannung $\mathfrak{U}_q$; ihr Absolutbetrag ist

$$U_q = 2\,U_1 \sin\frac{\vartheta}{2}.$$

Der Phasenwinkel von U_q ist gleich $90 - \vartheta/2$, und zwar voreilend gegenüber $\mathfrak{U}_1$, damit wird

$$\mathfrak{U}_q = 2\,\mathfrak{U}_1 \sin\frac{\vartheta}{2}\, e^{j\left(90 - \frac{\vartheta}{2}\right)}.$$

Für den komplexen Übertragungswiderstand setzen wir $\mathfrak{z} = z\,e^{j\gamma}$; wobei $\gamma = \operatorname{arc\,tg}\frac{x}{R}$ und erhalten den in der Kupplungsleitung fließenden Strom

$$\mathfrak{I}_1 = \frac{2\,\mathfrak{U}_1}{z} \sin\frac{\vartheta}{2}\, e^{j\left(90 - \frac{\vartheta}{2} - \gamma\right)}$$

oder in anderer Form geschrieben

$$\mathfrak{I}_1 = \frac{2\,\mathfrak{U}_1}{z} \sin\frac{\vartheta}{2} \cos\left[90 - \left(\frac{\vartheta}{2} + \gamma\right)\right] + j\,\frac{2\,\mathfrak{U}_1}{z} \sin\frac{\vartheta}{2} \times \sin\left[90 - \left(\frac{\vartheta}{2} + \gamma\right)\right] = \frac{2\,\mathfrak{U}_1}{z} \sin\frac{\vartheta}{2} \sin\left(\frac{\vartheta}{2} + \gamma\right) + j\,\frac{2\,\mathfrak{U}_1}{z} \sin\frac{\vartheta}{2} \cos\left(\frac{\vartheta}{2} + \gamma\right).$$

Legt man die reelle Achse durch $\mathfrak{U}_1$, so stellt der reelle Teil dieser letzten Gleichung den von Werk 1 gelieferten Wirkstrom, der imaginäre Teil den von Werk 1 aufgenommenen Blindstrom dar.

Für die praktischen Verhältnisse ist es einfacher mit den Wirk- bzw. Blindleistungen zu rechnen. Die von Werk 1 abgegebene Wirkleistung ergibt sich durch Multiplikation mit der Sammelschienenspannung U_1 zu

$$N_w = 2\,\frac{U_1^2}{z} \sin\frac{\vartheta}{2} \sin\left(\frac{\vartheta}{2} + \gamma\right) = 2\,N_k' \sin\frac{\vartheta}{2} \sin\left(\frac{\vartheta}{2} + \gamma\right)$$

oder

$$N_w = N_k' \cos\gamma - N_k' \cos(\vartheta + \gamma),$$

wobei N_k' die Kurzschlußscheinleistung der Kupplungsleitung/Strang, die aus den gegebenen Leitungskonstanten berechnet werden oder auch bei kurzgeschlossenem Leitungsende ($U_2 = 0$) gemessen werden kann.

Bei Drehstrom müssen wir diesen Wert noch mit drei multiplizieren, um auf die Gesamtleistung zu kommen. Setzen wir $3\,N_k' = N_k$, so wird

$$N_w = N_k \cos\gamma - N_k \cos(\vartheta + \gamma)\,.$$

Entsprechend ergibt sich für die Blindleistung

$$N_B = N_k \sin(\vartheta + \gamma) - N_k \sin\gamma\,,$$

dabei ist noch die Frage des Vorzeichens zu beachten. Wir haben den um 90° gegenüber der Spannung $\mathfrak{U}_1$ voreilenden Blindstrom bei der Leistungsberechnung als positiv eingeführt. Nach Abb. 1 a zeigt aber ein um 90° voreilender Strom an, daß Werk 1 Magnetisierungsleistung aufnimmt. Eine positive Blindleistung bedeutet also für Werk 1 Bezug, eine negative Blindleistung Abgabe von Magnetisierungsleistung.

Wir betrachten wieder zwei Grenzfälle:

1. $\gamma = 0$; d. h. $\frac{x}{R} = 0$, die Leitung besitzt nur rein ohmschen Widerstand; dann wird
$$N_w = N_k(1 - \cos\vartheta)\,; \quad N_B = N_k \sin\vartheta\,,$$
2. $\gamma = \frac{\pi}{2}$; d. h. $\frac{x}{R} \to \infty$, die Leitung besitzt nur induktiven Widerstand; dann wird
$$N_w = N_k \sin\vartheta\,; \quad N_B = -N_k(1 - \cos\vartheta)\,.$$

Bei einer gewissen Wirklastübertragung muß also bei

Abb. 5. Abhängigkeit des Verhältnisses Wirk- bzw. Blindleistung zur Kurzschlußleistung vom Verdrehungswinkel ϑ für verschiedene Werte x/R.

gegebenen Leitungskonstanten zwangsläufig eine ganz bestimmte Blindleistung mit übertragen werden. Leitungen mit rein ohmschem bzw. rein induktivem Widerstand verhalten sich bezüglich Wirk- und Blindleistungsübertragung gerade entgegengesetzt. Überwiegend ohmscher Widerstand der Kupplungsleitung (Kabel) bedeutet, daß für kleine Winkel von ϑ das wirkleistungabgebende Werk eine relativ große Magnetisierungsleistung aufnehmen muß; überwiegend induktiver Widerstand der Kupplungsleitung (Freileitung) ermöglicht es dem wirkleistungsabgebenden Kraftwerk gleichzeitig Magnetisierungsleistung mit abzugeben.

Abb. 5 gibt das Verhältnis N_w/N_k und N_B/N_k für verschiedene Werte von x/R in Abhängigkeit vom Verdrehungswinkel ϑ wieder. Zu beachten ist, daß x bzw. R den gesamten induktiven bzw. ohmschen Widerstand der Kupplungsleitung, gemessen an den Punkten am Anfang und Ende der Leitung, wo die Spannungen konstant gehalten werden, darstellen.

Bei bekannten Widerständen der Kupplungsleitung kann also die bei einem gewissen Winkel ϑ zu übertragende Wirkleistung und die begleitende Blindleistung unmittelbar aus Abb. 5 abgegriffen werden. Z. B.: Bei einem Verhältnis $x/R = 1{,}73$ und einem Verdrehungswinkel $\vartheta = 20°$ wird von Werk 1 eine Wirkleistung $N_w/N_k = 0{,}32$ abgegeben und eine Magnetisierungsleistung $N_B/N_k = 0{,}12$ aufgenommen.

Wird $\vartheta = 60°$, so wird $N_w/N_k = 0{,}87$ und $N_B/N_k = 0$.

B. Die Energieübertragung durch Längs- und Querspannung.

Die zwangsläufige Abhängigkeit von Wirk- und Blindleistung bei der Energieübertragung mit reiner Querspannung ist in den meisten Fällen unerwünscht. Will man Wirk- und Blindleistung unabhängig voneinander übertragen, so ist man gezwungen, entweder den Absolutbetrag der Sammelschienenspannungen in beiden Kraftwerken verschieden groß zu halten, oder einen besonderen Längsspanner in die Kupplungsleitung einzufügen. Der Längsspanner kann als gewöhnlicher Umspanner mit mehreren festen Stufen oder auch als besonderes Regelglied ausgebildet sein. (Abb. 6.)

Abb. 6. Kupplungsleitung mit Längsspanner.

Abb. 7. Spannungsdiagramm bei der Energieübertragung durch Längs- und Querspannung.

Nehmen wir wieder an, daß Werk 1 Energie abgibt. Die am Anfang der Kupplungsleitung gemessene Spannung sei $\mathfrak{U}_1 + \Delta\,\mathfrak{U}_1$ die Sammelschienenspannung in Werk 2 wieder gleich $\mathfrak{U}_2$. Aus der Spannungsgleichung für das Lieferwerk

$$\mathfrak{U}_1 + \Delta\,\mathfrak{U}_1 = \mathfrak{z}\,\mathfrak{J}_1 + \mathfrak{U}_2$$

folgt durch Auflösen nach $\mathfrak{J}_1$

$$\mathfrak{J}_1 = \frac{\mathfrak{U}_1 - \mathfrak{U}_2 + \Delta\,\mathfrak{U}_1}{\mathfrak{z}} = \frac{\mathfrak{U}_q}{\mathfrak{z}} + \frac{\Delta\,\mathfrak{U}_1}{\mathfrak{z}}\,.$$

Legt man in dem Spannungsdiagramm Abb. 7 die reelle Achse durch $\mathfrak{U}_1$, so wird

$$\begin{aligned}\mathfrak{J}_1 &= \frac{U_q}{z}\,e^{j\left[90 - \left(\frac{\vartheta}{2} + \gamma\right)\right]} + \frac{\Delta\,U_1}{z}\,e^{-j\gamma} \\ &= \frac{U_q}{z}\sin\left(\frac{\vartheta}{2} + \gamma\right) + \frac{\Delta\,U_1}{z}\cos\gamma \\ &\quad + j\left[\frac{U_q}{z}\cos\left(\frac{\vartheta}{2} + \gamma\right) - \frac{\Delta\,U_1}{z}\sin\gamma\right],\end{aligned}$$

worin der reelle Teil wieder den von Werk 1 abgegebenen Wirkstrom, der imaginäre Teil den Blindstrom darstellt.

Für

$$\frac{\Delta\,U_1}{z}\sin\gamma < \frac{U_q}{z}\cos\left(\frac{\vartheta}{2} + \gamma\right)$$

nimmt Werk 1 Magnetisierungsstrom auf, für

$$\frac{\Delta\,U_1}{z}\sin\gamma > \frac{U_q}{z}\cos\left(\frac{\vartheta}{2} + \gamma\right)$$

gibt Werk 1 Magnetisierungsstrom ab.

Man hat es demnach durch Veränderung der Längsspannung $\Delta\,U_1$ in der Hand, Werk 1 beliebig zum Magnetisierungsstrombezug oder zur Abgabe heranzuziehen.

Für die Wirkleistung erhalten wir nach einigen Umformungen

$$N_w = N_k\left[\left(1 + \frac{\Delta\,U_1}{U_1}\right)\cos\gamma - \cos(\vartheta + \gamma)\right],$$

für die Blindleistung

$$N_B = N_k \left[\sin(\vartheta + \gamma) - \left(1 + \frac{\Delta U_1}{U_1}\right)\sin\gamma\right].$$

Setzt man in diesen Gleichungen $\Delta U_1/U_1 = 0$, so gehen sie in die für die reine Querregelung gültigen über.

Setzt man $\vartheta = 0$, so erhält man die Gleichungen für die reine Längsregelung.

Wir betrachten wieder zwei Grenzfälle:

1. $\gamma = 0$; d. h. $x \ll R$, dann wird

$$N_w = N_k\left[1 + \frac{\Delta U_1}{U_1} - \cos\vartheta\right]; \quad N_B = N_k \sin\vartheta.$$

Bei rein ohmschem Widerstand der Kupplungsleitung kann auch durch eine noch so große Längsspannung die Blindleistung nicht geregelt werden. Werk 1 nimmt stets Magnetisierungsleistung auf, die starr an den Verdrehungswinkel ϑ gebunden ist.

2. $\gamma = 90°$; d. h. $x \gg R$, dann wird

$$N_w = N_k\,[0 - \cos(\vartheta + 90°)] = N_k \sin\vartheta$$

$$N_B = N_k\left[\cos\vartheta - \left(1 + \frac{\Delta U_1}{U_1}\right)\right]$$

$$= -N_k\left[\left(1 + \frac{\Delta U_1}{U_1}\right) - \cos\vartheta\right].$$

Werk 1 gibt Magnetisierungsleistung ab; bei konstantem ϑ, d. h. bei konstanter Wirkleistung ist die abgegebene Magnetisierungsleistung der Längsspannungsänderung direkt proportional. Die Wirkleistung ist für kleine Werte von ϑ dem Verdrehungswinkel ϑ direkt proportional; die Längsspannung ΔU_1 besitzt keinen Einfluß auf die Übertragung der Wirkleistung.

Abb. 8 gibt diesen Fall in Abhängigkeit von dem Längsspannungsverhältnis $\Delta U_1/U_1$ und dem Verdrehungswinkel ϑ für ein konstantes Verhältnis N_w/N_k bzw. N_B/N_k wieder.

Im allgemeinen Falle liegt γ zwischen 0 und 90°.

Abb. 9 stellt diesen Fall für $\gamma = 60°$ entsprechend einem $x/R = 1{,}73$ dar (x enthält die Leitungs- und die Umspannerreaktanzen).

Soll z. B. eine Wirkleistung von 10% der Kurzschlußleistung und eine Blindleistung von 8% der Kurzschlußleistung, entsprechend einem $\operatorname{tg}\varphi = 0{,}8$ übertragen werden, so lesen wir die erforderliche Längsspannung von 12% und den Verdrehungswinkel $\vartheta = 2{,}5°$ an dem Schnittpunkt der Wirklastlinie und Blindlastlinie ab.

An Hand dieser Kurventafeln, die zweckmäßig für jede Kupplungsleitung aufgestellt werden, kann man demnach ohne weiteres den Verdrehungswinkel ϑ zur Prüfung der Stabilität und die erforderlichen Längsspannungen für verschiedene Belastungen ablesen.

Abb. 8. Abhängigkeit des Verhältnisses Wirk- bzw. Magnetisierungsleistung zur Kurzschlußleistung von der Längsspannung $\Delta U_1/U_1$ % und dem Verdrehungswinkel ϑ für $x/R \to \infty$.

C. Die Stabilität der Kupplungsleitung.

Der für das Maximum der Wirkleistungsübertragung erforderliche Verdrehungswinkel ϑ ergibt sich durch partielles Differenzieren nach ϑ zu

$$\frac{\partial N_w}{\partial \vartheta} = N_k \sin(\vartheta + \gamma).$$

Dieser Ausdruck wird Null für $\vartheta + \gamma = 180°$, d. h. für $\vartheta = 180°$.

Abb. 9. Abhängigkeit des Verhältnisses Wirk- bzw. Magnetisierungsleistung zur Kurzschlußleistung von der Längsspannung $\Delta U_1/U_1$ % und dem Verdrehungswinkel ϑ für $x/R = 1{,}73$.

Bei rein ohmscher Übertragungsleistung liegt demnach die Grenze bei einem Verdrehungswinkel $\vartheta = 180°$, bei rein induktiver Leitung bei einem Verdrehungswinkel $\vartheta = 90°$. Werden diese Werte überschritten, so fallen die beiden Kraftwerke außer Tritt. Mit Rücksicht auf die unvermeidlichen Belastungsstöße darf man jedoch über einen gewissen Wert von ϑ nicht hinausgehen.

Das bei der Übertragung auftretende stabilisierende Moment ergibt sich nach obigen zu

$$M_s = \frac{\partial N_w}{\partial \vartheta} = N_k \sin(\vartheta + \gamma).$$

Legt man als Stabilitätsgrenze 75% des maximalen Stabilisierungsmomentes zugrunde, so muß

$$\sin(\vartheta + \gamma) \geqq 0{,}75$$

d. h. $$(\vartheta + \gamma) \leqq 141° \text{ sein.}$$

Die Stabilitätsgrenze ist in Abb. 5 eingetragen; sie liegt für $x/R \to \infty$ bei $\vartheta = 40°$; für $x/R = 0$ bei $\vartheta = 130°$.

Leitungen mit überwiegend ohmschem Widerstand ergeben eine starre Kupplung, Leitungen mit überwiegend induktivem Widerstand eine weiche Kupplung. Sind die Kraftwerke über Umspanner gekuppelt, d. h. sind zusätzliche Scheinwiderstände im Zuge der Leitung eingeschaltet, so müssen diese zu den Leitungskonstanten hinzu gerechnet werden. Die Streureaktanzen der Generatoren wirken in demselben Sinne, da bekanntlich bei Stößen die Schnellregler infolge der magnetischen Trägheit des Luftspaltfeldes die Spannung nicht wieder sofort auf den Sollwert bringen können. Im praktischen Falle muß noch geprüft werden, ob nicht durch die insbesondere bei Kabelübertragung mit der Wirkleistung verknüpfte entmagneti-

sierende Blindleistung die Stabilität der Generatoren an sich gefährdet ist.

Zusammenfassung.

Die Übertragungsmöglichkeiten auf der Kupplungsleitung zwischen zwei parallel arbeitenden Kraftwerken werden untersucht. Es werden Formeln und Schaubilder entwickelt, die es gestatten, die für einen bestimmten Übertragungsfall erforderliche Längsspannung und den Verdrehungswinkel direkt zu ermitteln. Der maximal mit Rücksicht auf die Stabilität zulässige Verdrehungswinkel ϑ wird bestimmt.

Wechselstromzähler in Drehstromanlagen.

Von **F. Kelbe VDE**, Berlin.

(Schluß von S. 541.)

DK 621.317.785.025.1 : 621.316.13.025.3

Rechtfertigen die Verhältnisse die Voraussetzung, daß die drei Phasen gleichmäßig belastet sind, zu der man in Drehstrom-Dreileiter-Anlagen sich eher entschließen kann als in Vierleiter-Anlagen, so ergibt die Verwendung zweier Wechselstromzähler als Kontrolle zu einem Drehstromzähler noch einige weitere Möglichkeiten. Auf Grund der erläuterten Tatsache, daß die Angaben der Wechselstromzähler sich verhalten wie die Drehmomente der Triebsysteme des Drehstromzählers, kann man nämlich auch den Blindverbrauch und den mittleren Leistungsfaktor annähernd genau bestimmen.

Bei dem Zwei-Wattmeter-Verfahren wird die Wirkleistung — wie schon erwähnt — bestimmt aus

$$N = U_{RS} I_R \cos(\varphi + 30) + U_{TS} I_T \cos(\varphi - 30).$$

Jedem Glied dieser Summe entspricht ein Wechselstromzähler. Bei gleichmäßiger Belastung ergibt sich die Summe

$$N = U I \cos\varphi \cdot 1{,}732.$$

Bildet man nun die Differenz der beiden Glieder

$$N_x = U_{RS} I_R \cos(\varphi + 30) - U_{TS} I_T \cos(\varphi - 30),$$

so ergibt das bei gleicher Belastung

$$N_x = U I [\cos(\varphi + 30) - \cos(\varphi - 30)] = U I \sin\varphi.$$

Mit dem Faktor 1,732 multipliziert, ergibt dies die Blindleistung

$$NB = U I \sin\varphi \cdot 1{,}732.$$

Mit anderen Worten: Bildet man die Differenz der Zählerangaben der beiden Wechselstromzähler und multipliziert sie mit 1,732, so erhält man, gleichmäßige Belastung vorausgesetzt, den Blindverbrauch.

Für die beiden vorerwähnten Beispiele bedeutet dies:

B e i s p i e l 2:

	Summe = kWh	Differenz · 1,732 = BkVAh
Wechselstromzähler I $+ 14{,}6 = a_1$		
Wechselstromzähler II $+ 22{,}35 = a_2$	36,95 kWh	$(22{,}35 - 14{,}6) \cdot 1{,}732 = 13{,}4$ BkVAh

B e i s p i e l 3:

	kWh	BkVAh
Wechselstromzähler I $- 5{,}93 = a_1$		
Wechselstromzähler II $+ 16{,}19 = a_2$	10,26 kWh	$(16{,}19 + 5{,}93) \cdot 1{,}732 = 38{,}3$ BkVAh.

Aus kWh und BkVAh läßt sich der mittlere Leistungsfaktor wie folgt bestimmen:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\text{BkVAh}}{\text{kWh}} = \frac{(a_2 - a_1) \cdot 1{,}732}{a_1 + a_2}.$$

An Hand des so errechneten Tangens des Verschiebungswinkels kann man nach einer Tafel der Funktionen ohne weiteres den (in diesem Falle mittleren) Leistungsfaktor $\cos\varphi$ feststellen. Es sei für diese beiden Beispiele gezeigt:

B e i s p i e l 2:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{13{,}4}{36{,}95} = 0{,}363;$$

dieser Wert entspricht einem Winkel von rd. 20°, der mittlere Leistungsfaktor beträgt daher $\cos\varphi = 0{,}94$.

B e i s p i e l 3:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{38{,}3}{10{,}26} = 3{,}74;$$

dieser Wert entspricht einem Winkel von rd. 75°; der mittlere Leistungsfaktor beträgt also $\cos\varphi = 0{,}26$.

Nach diesem Verfahren wird z. B. vielfach in Italien gearbeitet, und zwar werden dort die Wechselstromzähler nicht nur zur Kontrolle des Drehstromzählers benutzt, sondern ohne Drehstromzähler auch direkt für Verrechnungszwecke. Auch Sondergeräte sind in Italien verwendet worden, die auf der Anwendung von Wechselstromzählern in Zwei-Wattmeter-Schaltung beruhen[2]).

Eine weitere Möglichkeit ergibt sich aus der Verwendung von drei Wechselstromzählern als Kontrolle eines Drehstromzählers in Dreileiteranlagen. Das Schaltbild hierzu zeigt Abb. 8, die zugehörigen Belastungsdiagramme sind in Abb. 9 dargestellt. Die Ströme in den Phasen R und T werden von dem Drehstromzähler und von den Wechselstromzählern I und III gemessen. Durch die Stromspule des Wechselstromzählers II fließt die geo-

Drehstromzähler
Wechselstromzähler
I II III
R
S
T
K 45 720

Abb. 8. Kontrollschaltung von 3 Wechselstromzählern mit 1 Drehstromzähler für Dreileiteranlagen.

[2]) Kelbe, Verbrauchsmeßgerät für Dreileiter-Anlagen, AEG-Mitt. (1930) S. 780.

metrische Summe I_S der Ströme I_R und I_T. Die Spannungsspulen sind zu einem künstlichen Sternpunkt vereinigt, der geerdet werden kann, wenn der Nulleiter des Netzes ebenfalls mit der Erde verbunden ist. Durch diese Anordnung der Wechselstromzähler wird die zweisystemige Messung des Drehstromzählers dreisystemig wiederholt, wodurch man wieder einen Überblick über die Verhältnisse in den einzelnen Phasen gewinnt.

a) gleichmäßige Belastung b) ungleiche Belastung

Abb. 9. Belastungsdiagramme zu Abb. 8.

Es arbeiten in diesem Falle zusammen:

Wechselstromzähler I:
Strom I_R mit Spannung U_{MR}
Wechselstromzähler II:
Strom I_S mit Spannung U_{MS}
Wechselstromzähler III:
Strom I_T mit Spannung U_{MT}.

Das auf die drei Scheiben der Wechselstromzähler ausgeübte Gesamtdrehmoment und damit die Verbrauchsangabe ist also proportional

$$D = U_{MR} I_R \cos\varphi_1 + U_{MS} I_S \cos\varphi_2 + U_{MT} I_T \cos\varphi_3,$$

wobei der Strom I_S die umgeklappte geometrische Summe der Ströme I_R und I_T darstellt, also

$$I_S = \sqrt{I_R^2 + I_T^2 - 2\, I_R I_T \cos(180 - \alpha)}\,.$$ [3]

Der Winkel α liegt zwischen den beiden Strömen I_R und I_T.

Gleiche Spannungen vorausgesetzt, erhält man

$$D = U_{ML} (I_R \cos\varphi_1 + I_S \cos\varphi_2 + I_T \cos\varphi_3).$$

Setzt man außerdem noch gleiche Belastung voraus, so ergibt sich

$$D = U_{ML} I \cos\varphi \cdot 3,$$

was gleichbedeutend ist mit dem Drehmoment des außerdem angeschlossenen Drehstrom-Dreileiters

$$D = U_L I \cos\varphi \cdot 1{,}732.$$

Auf das vorhergehende Beispiel 2 zurückgegriffen, bedeutet das folgendes:

1. Der Drehstromzähler zeigt an in 12 Stunden

$$3080\ \text{W} \cdot 12\ \text{h} = 36{,}95\ \text{kWh}$$

2. Die Wechselstromzähler zeigen an:

a) Wechselstromzähler I:

$$a_1 = U_{ML} I_R \cos\varphi_1\, t = 220 \cdot 5 \cdot 0{,}94 \cdot 12 \approx 12{,}32\ \text{kWh}$$

b) Wechselstromzähler II:

$$a_2 = U_{ML} \sqrt{I_R^2 + I_T^2 - 2\, I_R I_T \cos(180 - \alpha)}\, \cos\varphi_2\, t = 220 \cdot 5 \cdot 0{,}94 \cdot 12 \approx 12{,}32\ \text{kWh}$$

3. Wechselstromzähler III:

$$a_3 = U_{ML} I_T \cos\varphi_3\, t = 220 \cdot 5 \cdot 0{,}94 \cdot 12 \approx 12{,}32\ \text{kWh}$$

$$\text{zusammen} \approx 36{,}95\ \text{kWh}.$$

[3]) Wicht, Ein Vektorrechenstab, ETZ 59 (1938) S. 1093.

Die Angaben des Drehstromzählers und die Summe der Angaben der Wechselstromzähler stimmen praktisch überein. Man sieht ferner deutlich, daß sich ungleiche Belastung der Leiter in unterschiedlichen Angaben der Wechselstromzähler bemerkbar machen würde.

Aus vorstehendem erhellt, daß man ohne weiteres zwei oder drei Wechselstromzähler mit Drehstromzählern in Kontrollschaltung benutzen kann. Da das Verfahren bereits vielfach angewendet wird, in Italien sogar teilweise ohne Drehstromzähler, muß es Vorteile haben, die ebenfalls vorhandene Nachteile bei weitem überwiegen. Auch hierüber im folgenden einige Betrachtungen:

Nachteile sind im wahren Sinne des Wortes eigentlich nur da vorhanden, wo zwei Wechselstromzähler in Zwei-Wattmeter-Schaltung verwendet werden. Es wurde schon gesagt, daß bei induktiver Belastung im Netz der eine Wechselstromzähler teils mit sehr großer Phasenverschiebung, teils sogar rückwärts läuft. Jeder Wechselstromzähler hat nun bei Phasenverschiebung zusätzliche Fehler, die noch größer werden, wenn sich die Systemscheibe entgegen dem normalen Drehsinn bewegt. Abb. 10 zeigt die an einem Wechselstromzähler aufgenommenen Fehler im Bereich von $\cos\varphi = +1$ bis $\cos\varphi = -1$. Die hohen Minusfehler bei Rückwärtsgang und kleiner Belastung sind auf den jetzt entgegengesetzt gerichteten Spannungsvortrieb zurückzuführen. Sie werden bei größerer Belastung zu Plusfehlern, was auf der Vergrößerung des Winkels zwischen dem wirksamen Spannungstriebfluß und wirksamen Stromtriebfluß beruht. In der Gegend des Nennstromes sind die Fehler verhältnismäßig klein, sie können aber auch hier groß werden, wenn der erste Zähler bei Netzphasenverschiebung von etwa 60° um den Stillstand herum pendelt.

Beim Beispiel 2 war eine Belastung von 5 A gleich 50 % des Nennstromes bei 20° Phasenverschiebung zugrunde gelegt. Theoretisch hätten demnach angezeigt:

Wechselstromzähler I . . .	$1900 \cdot 0{,}64 \cdot 12 = 14{,}6$ kWh
Wechselstromzähler II . . .	$1900 \cdot 0{,}98 \cdot 12 = 22{,}35$ kWh
Zusammen	36,95 kWh.

Berücksichtigt man nun die Fehler gemäß Abb. 10, so ergeben sich unwesentliche Unterschiede, und zwar:

Wechselstromzähler I hat bei 50 % des Nennstromes und $\cos\varphi = 0{,}64$ einen Fehler von etwa + 0,8 %,

Wechselstromzähler II hat bei 50 % des Nennstromes und $\cos\varphi = 0{,}98$ einen Fehler von + 0,6 %.

Beim Beispiel 3 war die Belastung von 5 A gleich 50 % des Nennstromes bei 75° Phasenverschiebung zugrunde gelegt. Theoretisch hätten dann angezeigt:

Wechselstromzähler I:	$-0{,}26 \cdot 1900 \cdot 12 = -\ 5{,}93$ kWh
Wechselstromzähler II:	$0{,}71 \cdot 1900 \cdot 12 = +\ 16{,}19$ kWh
Zusammen	+ 10,26 kWh.

Berücksichtigt man hier die Fehler von Abb. 10, so ergibt sich folgendes:

Wechselstromzähler I hat bei 50 % des Nennstromes und $\cos\varphi = -0{,}26$ einen Fehler von etwa $-2{,}0$ %,

Wechselstromzähler II hat bei 50 % des Nennstromes und $\cos\varphi = 0{,}71$ einen Fehler von etwa + 0,8 %.

In Wirklichkeit zeigen also an:

$$\text{Wechselstromzähler I:} -5{,}93 + \frac{2{,}0 \cdot 5{,}93}{100} \approx - \quad 5{,}82\ \text{kWh}$$

$$\text{Wechselstromzähler II:} 16{,}19 + \frac{0{,}8 \cdot 16{,}19}{100} \approx + 16{,}32\ \text{kWh}$$

$$\text{Zusammen} \quad + 10{,}50\ \text{kWh.}$$

Der Gesamtfehler beträgt also etwa + 2,3 %. Zu beachten ist, daß die größeren Fehler des rückwärts laufenden Zählers sich bei den praktisch vorkommenden Belastungen nur auf die kleinere Verbrauchsanzeige auswirken. Hätte man darüber hinaus in diesem Falle Wechselstromzähler für 5 A Nennstrom verwendet, die ebensoweit belastet werden können wie die 10 A-Drehstromzähler, so wären sie mit ihrer Nennlast gelaufen. Ein verhältnis noch günstiger; zwei Wechselstromzähler entsprechen etwa 24 % und drei bedeuten etwa 36 % des Preises eines Präzisionszählers für Drehstrom.

In bezug auf Meßgenauigkeit usw. ergeben sich bei Benutzung mehrerer Wechselstromzähler in Drehstromanlagen Möglichkeiten, die an Hand von Fehlerkurven zu betrachten sind. Wie die hier nicht mit abgebildeten Kurven sind für das folgende auch die in Zahlentafel 1 zusammengestellten Angaben wesentlich. Sie beziehen sich durchweg auf Zähler für Wandleranschluß, d. h. 5 A, 100 V. Das Übersetzungsverhältnis der Wandler bleibt der Einfachheit halber unberücksichtigt. Aus der Zahlentafel sieht man sehr deutlich, wie der relativ bessere Anlauf und die höhere Belastbarkeit der Wechselstromzähler ausgenutzt werden können.

Zahlentafel 1.

		Drehstrom-Dreileiterzähler	Präzisionszähler für Dreileiteranlagen	Wechselstromzähler		300 % überlastbare Wechselstromzähler	
				bei 2 Stück	bei 3 Stück	bei 2 Stück	bei 3 Stück
Nennlast	W	$I\,U_L \cos\varphi\ 1{,}732 = 867$	$I\,U_L \cos\varphi\ 1{,}732 = 867$	$I\,U_L \cos\varphi = 500$	$I\,U_{ML} \cos\varphi = 289$	$I\,U_L \cos\varphi = 500$	$I\,U_{ML} \cos\varphi = 289$
Anlauf in % der Nennlast	%	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	W	2,6	2,6	1,5	0,87	1,5	0,87
Belastbarkeit in % der Nennlast	%	200	150	250	250	400	400
	W	1734	1300	1250	722	2000	1155
Anlauf in % der höchsten Belastbarkeit etwa	%	0,15	0,2	0,12	0,12	0,075	0,075
Anlauf in % der Drehstromnennlast etwa	%	0,3	0,3	0,17	0,1	0,17	0,1
untere Meßgrenze (5% der Nennlast) liegt bei	W	43,3	43,3	25	14,5	25	14,5

Blick auf Abb. 10 zeigt, daß die Fehler dann viel geringer gewesen wären.

Als sonstigen Nachteil der Verwendung von Wechselstromzählern in Drehstromanlagen könnte man anführen, daß Installation und Schaltung mehrerer Wechselstromzähler schwieriger sind als bei einem Drehstromzähler. Die Vorteile, die dem gegenüberstehen, sind aber von grundlegender Bedeutung. Der Überblick über die Verhältnisse in den einzelnen Phasen bzw. Meßsystemen ist im vorstehenden schon des öfteren behandelt worden. Man erhält ihn n u r, wenn man Wechselstromzähler einbaut, weil beim Drehstromzähler nur der Gesamtverbrauch feststellbar ist. Hierunter fällt auch die annähernde Bestimmung des Blindverbrauchs und des mittleren Leistungsfaktors bei Verwendung zweier Wechselstromzähler nach dem Zwei-Watt-meter-Verfahren. Fehlschaltungen im Meßfeld können auf Grund der Angaben der Wechselstromzähler weit eher festgestellt werden, als wenn nur Drehstromzähler eingebaut sind. Auch das Durchschlagen einer Spannungsspule oder das Fehlen einer Phase an der Sekundärseite des Spannungswandlers macht sich an den Kontroll-Wechselstromzählern sofort bemerkbar.

Abb. 10. Fehlerkurven eines Wechselstromzählers bei Phasenverschiebung (Vor- u. Rücklauf).

Die Eichung der Wechselstromzähler ist bedeutend einfacher als die der Drehstromzähler. Dazu kommt noch, daß auch der Preis der Wechselstromzähler verhältnismäßig niedrig liegt. Zwei Wechselstromzähler kosten weniger als ein Drehstromzähler für Dreileiteranlagen. Drei Wechselstromzähler machen ungefähr 140 % des Preises eines Dreileiter-Drehstromzählers aus. Benutzt man Präzisions-Drehstromzähler, wozu man bei Großabnehmern mehr und mehr übergeht, so liegt das Preis-

Beispiel 4:

Für eine Drehstromanlage mit 5000 V Betriebsspannung und einem Anschlußwert von 520 kW ist ein Zählermeßsatz vorzusehen. 520 kW bei 5000 V ergibt einen Höchststrom von 60 A, wenn man der Einfachheit halber den Leistungsfaktor unberücksichtigt läßt. Da die Stromwandler bis 120 % ihres Nennstromes belastbar sind, wählt man solche mit 50 A Nennstrom. Man erhält also das Übersetzungsverhältnis

$$\frac{50 \cdot 5000}{5 \cdot 100} = 500,$$

mit dem die Angaben der Sekundärzähler zu multiplizieren sind. An den Zählern treten dann die in Zahlentafel 2 angegebenen Verhältnisse auf. Zu der Zahlentafel sebst ist folgendes zu sagen: Die in Spalte 1 und 2 angegebene Drehstromnennlast bezieht sich auf Nennstrom und Nennspannung der Zähler, die entsprechend der Gruppierung a) bis e) verwendet gedacht sind. Das gleiche gilt für die übrigen Spalten. Auch bei der Ausrechnung des Anlaufs und der 5 %-igen Belastung ist jeweils die Nennleistung der in den einzelnen Gruppen erwähnten Zähler zugrunde gelegt.

In den Spalten 8 bis 11 sind die Belastungen bei 5 % der Nennlast der Zähler eingetragen, sie bilden deshalb eine gute Vergleichsgrundlage, weil bei dieser Belastung die Fehlerkurve aller Zähler beginnt.

Unter Gruppe a) der Tafel ist der allgemein für die gedachte Anlage übliche Drehstrom-Dreileiterzähler erwähnt. Die Zahlen in Spalte 10 und 11 sind in Klammern gesetzt, weil sie sich mit denen der Spalten 8 und 9

Zahlentafel 2.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Drehstrom-Nennlast		Belastung der Zähler bei Drehstrom-Höchstlast	Anlauf bei Drehstrombelastung		Anlauf bei einphasiger Belastung		5% der Drehstrom-Nennlast		5% der einphasigen Nennlast	
	sekundär W	primär kW	%	sekundär W	primär kW	sekundär W	primär kW	sekundär W	primär kW	sekundär W	primär kW
a) Drehstrom-Dreileiterzähler Nennlast 5 A, 3×100 V	(5·100·1,732 =) 867	(867.500 =) 433,5	120	2,6	1,3	2,6	1,3	43,3	21,7	(43,3)	(21,7)
b) Als Kontrolle zwei Wechselstromzähler nach Schaltung 7 Nennlast: 2,5 A, 100 V	(2,5·100·1,732 =) 433,5	216,75	240	1,3	0,65	0,75	0,38	21,7	10,85	12,5	6,25
c) Als Kontrolle drei Wechselstromzähler nach Schaltung 8 Nennlast: 2,5 A, 57,8 V	(2,5·57,8·3 =) 433,5	216,75	240	1,3	0,65	0,44	0,22	21,7	10,85	7,25	3,63
d) Als Kontrolle zwei überlastbare Wechselstromzähler nach Schaltung 7 Nennlast: 1,5 A, 100 V	(1,5·100·1,732 =) 260	130	400	0,78	0,39	0,45	0,23	13	6,5	7,5	3,8
e) als Kontrolle drei überlastbare Wechselstromzähler nach Schaltung 8 Nennlast: 1,5 A, 57,8 V	(1,5·57,8·3 =) 260	130	400	0,78	0,39	0,26	0,13	13	6,5	4,4	2,2

decken müssen, denn sowohl Anlauf als auch prozentuale Belastung können sich beim Drehstromzähler immer nur auf die Drehstromnennlast beziehen.

Unter Gruppe b) sind als Kontrolle 2 Wechselstromzähler in Zweitwattmeterschaltung gemäß Schaltbild 7 gedacht. Da die Wechselstromzähler bis 250 % belastbar sind, der auftretende Höchststrom aber nur 6 A beträgt, nimmt man zweckmäßig Zähler für 2,5 A Nennstrom, die bis 6,25 A belastbar sind. Es ergeben sich dann die in Zahlentafel 2 angegebenen Verhältnisse.

Unter Gruppe c) sind als Kontrolle gedacht drei Wechselstromzähler in Dreiwattmeterschaltung nach Schaltbild 8. Auch hier werden aus den gleichen Gründen wie unter b) Zähler für 2,5 A Nennstrom verwendet, jetzt aber für 57,8 V Nennspannung, weil sie an Sternspannung angeschlossen sind.

Unter Gruppe d) sind zwei überlastbare Wechselstromzähler in Zweiwattmeterschaltung nach Schaltbild 7 gedacht. Diese Zähler sind bis 400 % belastbar. Entsprechend dem auftretenden Höchststrom von 6 A können also Zähler für 1,5 A Nennstrom benutzt werden. Man sieht aus der Tafel deutlich, wie günstig sich die hohe Belastbarkeit gegenüber den Kontrollzählern der Gruppe b) auswirkt.

Unter Gruppe e) sind als Kontrolle drei überlastbare Wechselstromzähler in Dreiwattmeterschaltung nach Schaltbild 8 gedacht. Auch hier werden Elektrizitätszähler für 1,5 A Nennstrom verwendet, jetzt aber — wie bei Gruppe c) — für 57,8 V Nennspannung. Ein Vergleich zwischen den Zahlen der Gruppe c) zeigt wieder, wie außerordentlich wertvoll die Verwendung überlastbarer Zähler in solchen Fällen ist.

Bei Verwendung von Drehstromzählern mit höherer Belastbarkeit verschieben sich die Verhältnisse zu deren Gunsten. Das Beispiel zeigt im übrigen deutlich die guten Ergebnisse, die mit Wechselstromzählern in Kontrollschaltung mit Drehstromzählern in Drehstromanlagen erreicht werden können. Die wesentlichen Vorzüge liegen in der Genauigkeit der Messungen bei kleinen Belastungen, die man durch Ausnutzung der Überlastbarkeit der Wechselstromzähler erreicht. Bei Verwendung zweier Wechselstromzähler nach Schaltbild 7 kommen allerdings noch die durch Phasenverschiebung entstehenden zusätzlichen Fehler hinzu (vgl. S. 570), die der Einfachheit halber im Beispiel nicht berücksichtigt sind. Auf jeden Fall werden in Drehstromanlagen häufig Wechselstromzähler die Drehstromzähler wertvoll ergänzen.

Der heutige Stand der Photozellentechnik.

DK 621.383

Die Photozellen haben in den letzten Jahren immer mehr Eingang in den verschiedensten Gebieten der Technik gefunden[1]). Man unterscheidet drei Grundformen von Photozellen:

1. Die Photowiderstände, bei denen ein Halbleiter zwischen zwei Elektroden angeordnet ist, der seinen elektrischen Widerstand abhängig von der Belichtung ändert. Die zuerst bekanntgewordene Selenzelle oder die heute vielfach benutzte Thallofidzelle sind solche Photowiderstände.
2. Die Photoelemente enthalten als lichtelektrisch wirksamen Bestandteil ebenfalls einen Halbleiter (Selen oder Kupferoxydul) zwischen zwei Elektroden, wobei aber die Anordnung und Bemessung der einzelnen Teile von entscheidender Bedeutung ist. Der Bezeichnung „Element" entsprechend erzeugen sie unter dem Einfluß des auf sie fallenden Lichtes ohne äußere Stromquelle einen elektrischen Strom, der zur Betätigung besonders empfindlicher Relais oder Meßgeräte verwendet werden kann.
3. Die Photokathoden, meist Alkaliphotozellen genannt, sind evakuierte bzw. gasgefüllte Glaskolben, die als lichtempfindliche Kathode eine Alkalischicht und eine, meist drahtförmige, Anode enthalten. Unter dem Einfluß einer äußeren Spannung ändert sich der durch die Zelle fließende elektrische Strom abhängig von dem auf die Kathode treffenden Lichtstrom.

Die Auswahl von Photozellen für bestimmte Zwecke erfordert die Beurteilung ihrer charakteristischen Eigenschaften, wobei die folgenden besondere Beachtung verdienen:

Stromempfindlichkeit, Spannungsempfindlichkeit, Spektralempfindlichkeit, Linearität, Trägheit, Ermüdung, Konstanz.

Aus der Fülle der Anwendungen von Photozellen für technische Zwecke seien einige angeführt:

Meßtechnik: Photometrische Geräte wie Belichtungsmesser, Beleuchtungsmesser, Kolorimeter, Glanzmesser. — Lichtelektrische Drehzahlmesser, Photozellenkompensatoren.

Regeltechnik: Geschwindigkeitsregelung an Maschinen, Bunkerstandsregelung, Heizungsregelung.

Signal- und Steuergeräte: Lichtschrankengeräte für die Steuerung von Türen, Rolltreppen, Werkzeugmaschinen; Fabrikationsüberwachung, Zähl- und Sortiereinrichtungen.

Schutzeinrichtungen: an Maschinen — Raumschutzanlagen — Wechsellichtgeräte — Ton-Tore.

Die außerordentliche Bereicherung der Technik durch die Entwicklung der Photozellen wird gekennzeichnet durch ihren Einsatz bei Bildfunk, Lichttelephonie, Tonfilm und Fernsehen.

Sb.

---

[1]) Nach einem Vortrag von B. W. Schroeder am 24. 1. 1939 in dem VDE-Bezirk Nordhessen.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.316.993.002.3

Erdungswiderstände aus nichtrostendem Stahl. [Nach V. E. Johnson, Electr. J. 35 (1938) S. 465; 1½ S., 4 Abb.]

Die vielfach zur Nullung und Erdung von Generatoren und Transformatoren verwendeten Widerstände mit Gußeisenelementen haben sich insbesondere bei Anlagen, die in der Freiluft-Bauweise errichtet sind, nicht immer bewährt. Die Gußeisenelemente sind leicht zerbrechlich und mechanisch sowie elektrisch oft nicht genügend gleichförmig, wodurch sich betriebliche Schwierigkeiten ergeben können. Die Anforderungen an derartige Widerstände sind je nach Art der Schaltanlage und deren Überwachung sehr verschiedenartig.

V. E. Johnson schlägt daher für solche Nullpunktswiderstände die Verwendung von nichtrostendem Stahl als Widerstandswerkstoff vor, der sich infolge seiner chemischen, physikalischen, elektrischen und sonstigen Eigenschaften gut für diese Zwecke eignet. Die mit steigender Temperatur vorhandene Widerstandszunahme übt eine gewisse Schutzwirkung für den Widerstand selbst und auch die angeschlossenen Anlagenteile aus. Die Zugfestigkeit des verwendeten Stahles ist sehr hoch und auch bei Erwärmung auf 1000 °C noch ausreichend. Das Widerstands-Temperaturverhalten ist beinahe bis zum Erreichen des doppelten Widerstandswertes wie bei Raumtemperatur geradlinig; erst darüber findet ein merkliches Abfallen des Verlaufes statt. Die Widerstände werden zickzackförmig aus Stahlband über einen Isolierkörper gewickelt und in Rahmengestellen untergebracht. Jede Einheit aus 4 bis 6 Bandlagen hat einen Gesamtwiderstand von ½ bis 2 Ω; diese werden bedarfsweise in Reihe geschaltet. Die Freiluft-Ausführung eines Widerstandes für 2400 A Nennstrom, 3 Ω, läßt die einzelnen Lagen erkennen. Infolge der günstigen elektrischen und thermischen Eigenschaften sind die Kosten bei größeren Elementen gegenüber der Gußeisenausführung tragbar. Kleinere Einheiten werden verhältnismäßig teurer, sind aber bisweilen doch wegen des Betriebsverhaltens vorteilhaft. *Tsch.*

DK 621.315.17.017.2.003.1

Stromwärmeverluste und Leiterquerschnitt. [Nach H. B. Dwight, Gen. Electr. Rev. 41 (1938) S. 484; 4 S., 1 Abb.].

Der Aufsatz beschränkt zunächst die Anwendbarkeit der anschließenden Überlegungen auf Leiteranlagen, bei denen der Querschnitt auf Grund der zulässigen Erwärmung zu bestimmen ist, also im wesentlichen auf Erdkabel oder Freileitungen kurzer Längen. Mit einbezogen werden Hohlleiter-Anlagen, bei denen ein etwa geforderter Blindwiderstand auch bei Veränderung des ohmschen Widerstandes eingehalten werden kann.

Der Verfasser entwickelt dann die vom Leitergewicht abhängigen Kosten als Funktion des Querschnittes. Mit 12% dieses Wertes werden die von der Anlage herrührenden laufenden Kosten (Verzinsung, Tilgung usw.) bemessen. Der durch den Querschnitt gegebene Widerstand bestimmt dann die Verlustleistung und die Verlustarbeit. Als feste Kosten der Stromerzeugung eines Dampfkraftwerkes werden 250 RM je kW Leistung und als bewegliche Kosten 0,5 Rpf je kWh angenommen. Die gesamten Jahreskosten sind in Abhängigkeit des Querschnittes darstellbar; q wird dann so ermittelt, daß der letztere Betrag ein Kleinstwert wird. Trotz Aufspaltung der Stromkosten in einen festen und einen beweglichen Anteil kommt der Verfasser zum selben Ergebnis wie Kelvin, d. h. die wirtschaftlichste Lösung liegt vor, wenn die vom Anlagewert der Leitung abhängigen Jahreskosten gleich den Kosten der Stromverluste sind. Bei den angenommenen Zahlenwerten würde der Bestwert bei einer Stromdichte von etwa 1,5 A/mm² liegen.

Anm. d. Ber.: Die als Lehrbeispiel überzeugend aufgebaute Wirtschaftlichkeitsbetrachtung darf nicht darüber wegtäuschen, daß die tatsächlichen Verhältnisse nicht so einfach liegen. Die lineare Kostenabhängigkeit vom Leiterquerschnitt bzw. Gewicht trifft nicht zu. Da außerdem lediglich die Verlusthöhe in die Rechnung eingeht und nicht deren Auswirkung auf den Betrieb, werden praktisch ungleichwertige Lösungen zueinander in Beziehung gebracht und die Auswahl lediglich nach dem Zinsen- und Tilgungssatz getroffen. Handelt es sich um Verbundnetze, so ist grundsätzlich durch Einschieben einer entsprechenden Anzahl von Stützpunkten mit jedem Querschnitt (soweit es die Koronaverluste zulassen) eine betrieblich zufriedenstellende Lösung möglich. Für jeden Querschnitt können dann in jedem Einzelfall, also bei betrieblich gleichwertiger Ausführung, die gesamten Anlage- und Betriebskosten und damit auch die wirtschaftlichste Versorgung ermittelt werden. Bei einer so durchgeführten Untersuchung werden erst technisch und wirtschaftlich einwandfreie Ergebnisse erzielt. *Khl.*

Elektrische Maschinen.

DK 621.319.34.027.7

Ein fahrbarer Bandgenerator Bauart Van de Graaff für 500 kV. [Nach J. G. Trump, F. H. Merrill u. F. J. Safford, Rev. sci. Instrum. 9 (1938) S. 398; 6 S., 7 Abb.]

Die Verfasser beschreiben einen einfachen Bandgenerator[1]) für 500 kV Leerlaufspannung und 0,2 mA Kurzschlußstrom. Der Generator arbeitet mit nur einem, 254 mm breiten Band. Bemerkenswert ist die gut abgerundete Hochspannungs-Elektrode, die in ihrer Ausgestaltung den in der Hochspannungstechnik bekannten Anforderungen entspricht (Abb. 1). Ferner ist die Spannungsverteilung auf dem Isolierzylinder durch metallische Ringe gesteuert.

1 Widerstand zur Strombegrenzung
2 Sprühspitze
3 Sammelelektrode
4 Hochspannungselektrode
5 Isolierzylinder mit Steuerringen *10*
6 isolierendes Band
7 Fußelektrode
8 bis 10 kV regelbare Gleichrichteranordnung mit 4 MΩ Vorwiderstand
9 durch Motor (370 W, 3450 U/min angetriebene Walze mit konisch verstärkten Enden)
10 Potential-Steuerringe
11 Begrenzungsentladestrecke mit Schutzwiderstand von 60 MΩ
12 Sprühkamm zum Abführen der Ladungen entgegengesetzten Vorzeichens
13 isoliert und schwingungsfrei gelagerte obere Walze

Abb. 1. Schema des fahrbaren Bandgenerators.

Zahlenangaben: Leerlaufspannung 500 kV, Kurzschlußstromstärke 0,2 mA, Bandbreite 254 mm (10″ e), Banddicke 2,4 mm (3/32″ e), Länge des dreifach gummierten, endlosen Bandes 2260 mm (89″ e), Bandgeschwindigkeit 25,4 m/s (5000′/min), Walzendurchmesser 102 mm (4″ e), -breite 254 mm (10″ e), Länge des Isolierzylinders 965 mm (38″ e), Außendurchmesser 305 mm (12″ e), Wanddicke 3 mm (⅛″ e), Werkstoffe Hartgewebe oder dgl.

Durchmesser der oberen, aus zwei Aluminiumschalen zusammengesetzten Elektrode 762 mm (30″ e), Höhe 305 mm (12″ e). Die untere Elektrode entspricht der unteren Hälfte der oberen Elektrode. Die Überschlagsicherheit beträgt bei der vorliegenden Anordnung 20 kV je cm Baulänge des Isolierzylinders.

Die Aufladung des Bandes erfolgt in der üblichen Weise durch wellige Gleichspannung, die bis zu 10 kV heraufgeregelt werden kann. Die in der Nachbarschaft des Sprühkammes entstehenden Raumladungen dienen zur Neutralisation der auf der abwärtslaufenden Bandseite sitzenden Ladungen entgegengesetzten Vorzeichens, die somit von der geerdeten Walze, über die das Band angetrieben wird, abgeführt werden können.

[1]) E. U. Condon, ETZ 59 (1938) S. 1039. ETZ 55 (1934) S. 901.

Durch die isolierte Aufstellung der oberen Walze, die mit der Sammelelektrode *3* in Abb. 1 leitend verbunden ist, und durch die Anordnung dieser Sammelelektrode noch unterhalb der Auflaufstelle des Bandes auf die Walze nimmt diese ein etwas höheres Potential als die Hochspannungselektrode *4* an. Dadurch wird über den Sprühkamm *12* mehr Ladung entgegengesetzten Vorzeichens (in Abb. 1 positive) abgezogen als vom Band mit dem gewünschten Vorzeichen zugeführt wird. Die Abstände der Sprühkämme vom Band betragen rd. 6 mm.

Der Generator wird durch einen Heizwiderstand mit 100 W Verbrauch innen trocken gehalten. Die praktisch erreichbare Stromstärke ist bekanntlich bedingt durch die des Spannungsgefälles längs des Bandes, das theoretisch höchstens 25 kV je cm Bandlänge betragen kann, und durch die Bandbelastbarkeit, die ebenfalls theoretisch $4{,}4 \cdot 10^9$ C/cm² nicht überschreiten kann. Der Generator gab in Luft von Atmosphärendruck 520 kV als höchste Leerlaufspannung und 0,21 mA als höchsten Kurzschlußstrom. Die Spannungsmessung erfolgt über einen hohen Spiraldrahtwiderstand, über den die Verfasser noch berichten wollen. Die Begrenzungsfunkenstrecke dient dazu, eine gleichmäßige Spannungshöhe zu gewährleisten; über sie abfließender Sprühstrom setzt die Spannung auf einen genau festlegbaren Wert herab[1]). Besonderer Wert wurde durch Einbau von Schutzdrosselspulen auf die Fernhaltung von Stoßspannungen gelegt, die sich in den angeschlossenen Kreisen bei Überschlägen bilden und die empfindliche Meßgeräte gefährden können. In Tafel 1 sind einige Zahlen aus der Strom-Spannungs-Charakteristik des Generators wiedergegeben. Die Welligkeit des Stromes lag, wie durch oszillographische Messungen festgestellt wurde, bei ½%.

Tafel 1. Strom-Spannungs-Charakteristik des 500 kV-Generators.

Spannung	kV	≈ 0	100	300	400	500
Stromstärke	mA	0,21	0,21	0,19	0,17	0,12

Mit Rücksicht auf die niedrigen Herstellungskosten — der Generator konnte für $ 325 (RM 800) hergestellt werden, ein solcher für 750 kV würde $ 425 (RM 1050) kosten — wurde das Arbeiten mit Gasatmosphäre oder unter Druck nicht vorgesehen. Man glaubt aber, eine Steigerung von 25% bei der Stromstärke erzielen zu können, wenn das Band in CCl_4- oder CCl_2F_2-Dampf läuft. Ein versuchsmäßiges Arbeiten in einem Raum, der CCl_4-Dampf enthielt, brachte eine Spannungssteigerung auf 620 kV im Leerlauf. Allerdings litten dabei einige Isolierteile. Wenn man mehrere Bänder nebeneinander laufen lassen will, ist nach Meinung der Verfasser die Ausnutzung der Innenbänder besser als die der außen liegenden Seiten, deren Ladungstransport durch die Wandladungen des Isolierzylinders beeinträchtigt wird.

[Anm. d. Ber.: Die Erfahrungen im Ukrainischen technisch-physikalischen Institut mit Mehrbänderanordnungen[2]) bezogen sich auch noch auf den Walzendurchmesser, der bei den hier geschilderten 500 kV-Generatoren günstig liegt]. *HM.*

Geräte und Stromrichter.

DK 621.314.63.001.11

Theoretische Betrachtungen über die Gleichrichterwirkung. [Nach F. H. Müller, Phys. Z. 39 (1938) S. 793; 3 S., 2 Abb.]

Eine befriedigende Erklärung der Vorgänge, die in einer Sperrschichtzelle, bzw. bei einem Detektor zur Gleichrichtung führen, fehlte bisher. Versuche von F. Waibel haben gezeigt, daß Gleichrichtereffekte anscheinend nur dann zu beobachten sind, wenn ein inhomogener Feldverlauf vorliegt. Außerdem wurde im Falle der Kupferoxydul-Sperrschichtzelle, gemessen an einer Modellsperrschicht, festgestellt, daß oberhalb einer gewissen Grenzfeldstärke der Widerstand der Halbleiterschicht zusammenbricht. Man kann diese Tatsache in Analogie zum Wien-Effekt beim Elektrolyten auslegen.

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, auf Grund dieser Waibelschen Ergebnisse die Vorgänge, die bei der Gleichrichtung in der Sperrschicht stattfinden, im einzelnen zu erfassen: Infolge der Widerstandsschichtung des Kupferoxyduls in Schichten verschiedenen Störstellengehaltes bildet sich in einem Gleichrichterelement ein besonderer innerer Potentialverlauf aus, der sich dem beim Anlegen einer äußeren Spannung zustande kommenden — übrigens inhomogenen — Verlauf überlagert. Die Unsymmetrie im Potentialverlauf führt damit schon zu einer gewissen Richtungsabhängigkeit des Stromdurchganges. Es zeigt sich jedoch weiter, daß im Falle der Sperrichtung die Feldverteilung so ist, daß die Schicht des höchsten Widerstandes in einem Bereich geringer Feldstärke zu liegen kommt. Im anderen Falle der Flußrichtung befindet sie sich dagegen im Bereich sehr hoher Feldstärken. Es kommt somit eine Feldverzerrung zustande, die im zweiten Fall durch den Waibelschen Spannungseffekt den Widerstand aller hochohmigen Schichten weitgehend kurzschließt. Für die Sperrichtung dagegen wird kaum etwas geändert. Der Waibelsche Feldstärkeeffekt bedeutet also gewissermaßen die ausschlaggebende Verstärkung des an sich schon durch die Unsymmetrie der Anordnung vorhandenen Richteffektes.

Das Bild gestattet eine weitgehende Erklärung von Einzelheiten: die qualitative Erklärung der Gleichrichtercharakteristik, des Richtungssinnes, des Auftretens einer maximalen Sperrspannung und des Zusammenbruchs des Widerstandes auch in der Sperrichtung beim Überschreiten dieser Sperrspannung. Auch der Fall des Detektors läßt sich entsprechend erläutern. Man darf sogar an einen Vergleich mit der Gasfunkenstrecke Spitze gegen Platte denken, die ja auch gleichrichtet. Eine quantitative Behandlung folgt demnächst. *eb.*

DK 621.396.823 : 621.315.62.027.3

Kennzeichnende Merkmale der Rundfunkstörfähigkeit von Isolatoren. [Nach P. L. Belaschi u. C. V. Aggers, Electr. Engng. 57 (1938) Trans. Sect., S. 626; 8 S., 16 Abb.]

Die Verfasser berichten über die in Gemeinschaftsarbeit zwischen Edison Electric Institute, National Electrical Manufacturers Association und der Radio Manufacturers Association durchgeführten Untersuchungen über die Kennzeichnung der Rundfunkstörfähigkeit von Hochspannungsisolatoren. Die Meßanordnung unterscheidet sich nicht wesentlich von den in Deutschland verwendeten Verfahren. Das unter Spannung gesetzte Meßgut, z. B. ein Hängeisolator, erzeugt gegen Erde eine hochfrequente Störspannung, die unter Spannungsteilung einem Meßgerät zugeführt wird, das im wesentlichen aus einem Empfänger bekannter Trennschärfe und Empfindlichkeit besteht und dessen niederfrequentes Spannungsgemisch in der Endröhre ein Anzeigeinstrument betätigt. Der gesamte Untersuchungsraum ist allseitig metallisch geschirmt, um die Wirkung von Fremdstörern fernzuhalten. Die Untersuchungen erstreckten sich über alle Arten von Isolatoren und wurden innerhalb des gesamten Rundfunkbereichs durchgeführt. Eine Abhängigkeit der gemessenen Störspannung von der Luftfeuchtigkeit und den in den Niederschlägen aufgelösten Stoffen konnte beobachtet werden. Bei den Untersuchungen über die durch die Korona-Erscheinungen bewirkten Störungen wurde festgestellt, daß diese schon bei geringeren Werten der Hochspannung einsetzen als die hör- und sichtbaren Wirkungen. Wurden die Isolatoren unter Öl gesetzt, so konnten die Störerscheinungen erheblich gesenkt werden. Ein umfangreicher Teil der Arbeit befaßt sich mit dem Vergleich der Anzeigen von drei verschiedenen Geräuschwertmessern, die sowohl in ihrem Hochfrequenzteil als auch in dem eigentlichen Anzeigegerät Unterschiede aufwiesen. Während Geradeaus- und Überlagerungsempfänger nur ihrer Trennschärfe entsprechende unterschiedliche Störspannungen zeigen, bedingt der Aufbau des Anzeigegeräts Abweichungen bis 1 : 2 und mehr. Es wird entweder ein Voltmeterverfahren angewandt, das mittlere zeitliche Werte anzeigt, oder ein Impulsmesserverfahren, wobei der Impulsmesser bestimmte Aufbau- und Abbauzeiten eines Spannungsstoßes nachbildet, der der Aufbau- und Abklingzeit des menschlichen Ohres möglichst angepaßt ist. Schließlich wurde am Ausgang ein Lautsprecher verwendet und alle drei Arten der Anzeige miteinander verglichen, wobei gewisse Abweichungen auftraten ähnlich den auch a. O. gemachten Beobachtungen. Innerhalb der Meßgenauigkeit sind jedoch wiederholbare, objektive Angaben über die Rundfunkstörfähigkeit möglich. *Cd.*

DK 621.314.27

Übersicht über die bisherige und Ausblick auf die zukünftige Entwicklung der Umrichter. [Nach K. Strobl, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 39; 3 S.]

An Hand des Patentschrifttums werden die wichtigsten Teilaufgaben des Umrichterbaues und ihre fortschreitende Lösung in großen Zügen besprochen. Zunächst stellt sich der

[1]) ETZ 60 (1939) H. 6, S. 175.
[2]) ETZ 60 (1939) H. 6, S. 174.

Aufbau der Sekundärspannung aus den Halbwellen der Primärspannung als geometrische Aufgabe dar, die in den beiden wichtigsten Vertretern des Umrichterbaues, dem Steuerumrichter und dem Hüllkurvenumrichter ihre Lösung gefunden hat. Jeder dieser beiden hat, schon allein durch den Aufbau der sekundären Spannungskurve bestimmt, seine besonderen Vor- und Nachteile. Im Lauf der Entwicklung ist der seinem Wesen nach asynchrone Steuerumrichter in seiner Kurvenform verbessert worden und der mit guter Kurvenform arbeitende, aber seinem Wesen nach synchrone Hüllkurvenumrichter asynchron gemacht worden. Beide haben auf diesem Wege wesentliche Merkmale, die eine scharfe Unterscheidung ihrer Ausgangsformen bedingten, verloren. Eine zweite Teilaufgabe, die beiden Umrichterarten gleich große Schwierigkeiten bereitet hat, ist die der Blindleistungslieferung. Überdies ist der Werdegang ihrer Lösung ein anschauliches Beispiel dafür, wie schwer das Auffinden eines Weges sein kann, der nachträglich als durch einfache physikalische Überlegungen ganz eindeutig vorgezeichnet erscheint. Mit der Ermöglichung der Blindstromlieferung ist aber beiden Umrichterarten der Nachteil erwachsen, daß innere Ausgleichsströme auftreten, die von der Ungleichheit der Kurvenformen der Wechselrichter- und der Gleichrichterspannung herrühren. Es sind zwei Wege denkbar, die Ausgleichströme zu bekämpfen: einerseits die Kurvenformen der Wechselrichter- und der Gleichrichterspannung einander anzugleichen, anderseits niemals beide Steuerungen gleichzeitig freizugeben. Beide Lösungen haben im Patentschrifttum ihren Niederschlag gefunden. Eine weitere Teilaufgabe, die in der letzten Zeit zu den wichtigsten des Umrichterbaues zu zählen ist, ist die Durchführung der Zwangskommutierung. Sie bedingt zwar einen höheren Aufwand, insbesondere auch der Steuereinrichtungen, ermöglicht aber eine Reihe von Verbesserungen bezüglich des Leistungsfaktors, der Vermeidung der oben erwähnten inneren Ausgleichsströme und der sprunglosen Verschiebung der Sekundärspannung der Hüllkurvenumrichter, sie macht also den Hüllkurvenumrichter erst wirklich asynchron. Die Verwendung von Energiespeichern gestattet die Beseitigung von Leistungspulsationen und die Glättung von Spannungskurven. Die Aufgabe besteht bei ihrem Einsatz insbesondere darin, das Ziel mit tragbarem Aufwand und ohne Benützung von wartungsbedürftigen Einrichtungen (umlaufenden Maschinen, Batterien) zu erreichen.

Zu jeder der aufgeworfenen Fragen sind die einschlägigen in- und ausländischen Patentschriften genannt. Zusammenfassend wird als Ergebnis des Überblickes eine Annäherung der ursprünglich wesensverschiedenen Hüllkurven- und Steuerumrichter aneinander festgestellt, so daß die Entwicklung der Umrichter einem einheitlichen Ziel zuzustreben scheint.

Ein weiterer Schritt in dieser Richtung soll auf Grund einfacher, aber allgemein gültiger Berechnungsunterlagen in einem für später in Aussicht gestellten zweiten Teil der Arbeit gezeigt werden. *Vb.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.315.21 : 621.317.333.4

Ein neues Gerät zur Kabelfehlerortbestimmung. [Nach T. B. Morse u. C. W. Newhall jr., Electr. Wld., N. Y. 110 (1938) S. 582; 2 S., 4 Abb.]

Der Public Service Company und der Commonwealth Edison Company ist es gelungen, die bisher benutzten umfangreichen und unübersichtlichen Kabelfehlersuchgeräte, deren Anwendung erhebliche Zeit beanspruchte, durch ein einfaches, schnell zu bedienendes und bequem tragbares Gerät zu ersetzen. Das neue Gerät ist nicht wesentlich von dem sogenannten „Murray-Loop"-Brückensystem verschieden. Der Anwendungsbereich der Einrichtung erstreckt sich auf Gleichspannungen von 100 bis 100 000 V. Infolge sorgfältiger Festlegung der Bestimmungsgrößen des Gerätes wurde im gesamten Meßbereich eine große Genauigkeit erzielt. Bei rund 160 aufgetretenen Kabelstörungen betrug der mittlere Fehler bei Feststellung des Fehlerortes 0,2 bis 0,4%. Bei Messungen bis 7 500 V wird die erforderliche Gleichspannung durch Quecksilberdampf-Gleichrichter erzeugt. Bei größeren Spannungen werden Kenotron-Gleichrichter angewendet. Zur Begrenzung des Stromes ist ein größerer veränderlicher Widerstand vorgesehen.

Bei der Durchführung der Fehlerortbestimmung wird zunächst von einem Kabelende aus der ungefähre Widerstand des Kabelfehlers festgestellt. Die Größe dieses Widerstandes gibt bereits einen Anhaltspunkt für die Höhe der bei der späteren Messung anzuwendenden Spannung. Nach Kurzschließen von zwei Kabelleitern am anderen Kabelende wird mit Hilfe einer Wheatstoneschen Brücke der resultierende Widerstand festgestellt. Diese Messung gibt Aufschluß darüber, ob alle Verbindungen in Ordnung sind und ob das Kabel etwa eine Unterbrechung hat. Ist das Meßergebnis befriedigend, so wird auf die Fehlerort-Meßeinrichtung umgeschaltet. Die Spannung wird gesteigert, bis ein konstanter Strom durch die Fehlerstelle fließt. Nach Abgleichung der Brücke kann die Lage des Fehlerortes ermittelt werden.

Das Gerät wird für Hochspannungs-Öl- und -Normalkabel und für Niederspannungskabel angewendet.

In Deutschland sind seit einer langen Reihe von Jahren Meßeinrichtungen zur Fehlerortbestimmung in Gebrauch, die ebenfalls mit hochgespanntem Gleichstrom arbeiten. Bisweilen treten Schwierigkeiten dadurch auf, daß es insbesondere bei Muffenfehlern häufig nicht gelingt, einen bleibenden Strom durch die Fehlerstelle hindurch zu erzielen. Es hat sich in solchen Fällen als zweckmäßig erwiesen, über die Fehlerstelle einen kräftigen Strom zu leiten, der die Zerstörung so weit treibt, daß entweder eine gute metallische Berührung zwischen den Leitern entsteht oder der Isolierwiderstand in ausreichendem Maße erhöht oder erniedrigt wird. Dann kann der Fehlerort in einfacher Weise eingemessen werden. Bei völliger Kabelunterbrechung erfolgt die Fehlerortbestimmung durch eine vergleichende Kapazitätsmessung. In den anderen Fällen kann durch besondere Ausführungsformen der Wheatstoneschen Brücke die Lage des Fehlerortes leicht ermittelt werden[1]). Ist nach Freilegung des Kabels am Fehlerort der Fehler nicht erkennbar, so kann er durch Speisung des Kabels mit einem kräftigen Strom im allgemeinen bequem sichtbar gemacht werden. *chl.*

Lichttechnik.

DK 621.326.032.002.3

Rohstoffragen bei der Glühlampenanfertigung. [Nach W. Köhler, Licht 8 (1938) S. 271; $2^1/_2$ S., 5 Abb.]

Die systematische Durcharbeitung der Werkstoffrage bezüglich der Heimstoffumstellungsmöglichkeiten erstrebt leistungsgleiche Erzeugnisse und die Durchführung der Entwicklungsarbeit ohne wirtschaftliche Gesichtspunkte allein in Hinblick auf den Endzweck. W. Köhler berichtet über Einzelheiten davon in der Glühlampenherstellung.

Die Metallgewichtsanteile der gebräuchlichsten Glühlampen sind am höchsten beim Sockel, in dem etwa 60% des Gesamtmetallgewichts der Lampe enthalten sind. An Stelle des bisherigen Messingsockels wird ein Heimstoffsockel in Form eines vergüteten Eisensockels mit Cadmium- und galvanisch aufgebrachtem Messingüberzug verwendet. Hierzu wurde in einer Glühlampenfabrik eine besondere Galvanisiereinrichtung mit Holztrögen und Siebtrommeln für eine Tageserzeugung von etwa 100000 Sockeln eingerichtet. Die Sockel werden vorher in der „Brenne" (Salpeter- und Schwefelsäuregemisch) gebeizt, gespült und getrocknet. Der Heimstoffsockel erwies sich der bisherigen Messingausführung gegenüber als gleichwertig. Für Sondersockel kommt in geringem Umfange auch Aluminium als Austauschwerkstoff in Betracht. Gewichtsanteilmäßig nächstes Austauschmetall ist das bei der Glasherstellung in Form von PbO verwendete Blei, dessen Verbrauch auf etwa 70% ohne große Einbuße an erforderlichen Eigenschaften herabgesetzt werden kann. Die für die Stromzuführung benutzten Nickelteile im Innern der Lampe werden erfolgreich durch vernickelte Eisendrähte mit nur noch 1,5% Ni-Gehalt ersetzt. Die früheren Sockelleiter aus Kupfer werden bei den gebräuchlichsten Lampen aus verkupferten Eisendrähten hergestellt. Bei den Lötstellen konnte durch Verkleinerung der Abmessungen insgesamt bis zu 50% Zinn und 20% Blei eingespart werden. Das Wolfram für den eigentlichen Leuchtkörper sowie das Molybdän für die Haltedrähte erscheint wegen der besonderen physikalischen Eigenschaften unersetzlich. Doch sind die verwendeten Mengen dieser Metalle verhältnismäßig gering; bei einer 100 W-Lampe beträgt z. B. der Anteil des Wolfram-Gewichtes am Gesamt-Metallgewicht nur etwa 0,9%. Die Wiederverwendung der Messingsockel ausgebrannter Lampen erscheint zweckmäßig. Bei der neuzeitlichen Glühlampenherstellung gehen keinerlei Werkstoffe verloren, sondern werden in der möglichen Form dem Werkstofffluß wieder zugeführt. Eine Regenerierung durchgebrannter Lampen würde kaum Vorteile mit sich bringen und wird daher abgelehnt. Mengenmäßig betrachtet sind die erzielten Erfolge gering, gewichtsanteilmäßig gesehen aber beachtlich. *Tsch.*

[1]) F. Kaiser, Kabelprüfwagen für die Ausführung von Prüfungen und Fehlerortbestimmungen in Kabelnetzen. Elektrizitätswirtsch. 34 (1935) S. 229.

Verkekrstechnik.

DK 621.335.42.024–831.1

Elektrische Ausrüstung der Schnelltriebwagen Paris-Le Mans. [Nach M. Garreau u. H. Coquet, Rev. gén. Électr. 44 (1938) S. 719; 16 S., 22 Abb.].

Über die Indienststellung von Schnelltriebwagen für 1500 V Gleichstrom auf der Strecke Paris—Le Mans wurde bereits berichtet[1]). Die Triebwagenzüge sollen bei 55 km/h Reisegeschwindigkeit dem Pariser Vorortverkehr und bei 90 km/h Reisegeschwindigkeit dem durchgehenden Fernverkehr bis Le Mans dienen. Jeder Triebwagen hat sechs vierpolige Motoren für 675 V, die bei 1200 U/min entsprechend 74 km/h eine Stundenleistung von je 173 kW haben und nur je 1530 kg wiegen. Es wurde eine in Frankreich bereits in vielen Fällen bewährte Schaltwalzensteuerung mit 42 Stufen angewendet, bei der zwei Nockenwellen alle Schaltvorgänge betätigen. Sie werden von elektrischen Hilfsmotoren angetrieben. Das Schaltwerk gestattet auch von einer höheren auf eine niedrigere Stufe ohne Stromunterbrechung zurückzuschalten. Die erste Schaltwalze mit 13 Nockenschützen enthält die Fahrtrichtungs-, Haupt- und Motorschaltschütze und stellt die drei Dauerstellungen durch Motorgruppierung her. Sie kann vorwärts und rückwärts laufen. Die zweite Walze mit ebenfalls 13 Nocken schaltet die Widerstände und Feldschwächung, sie läuft immer im gleichen Drehsinn weiter. Bei einer Anfahrt macht die erste Walze also eine volle Umdrehung, während die zweite drei Umdrehungen ausführt. Die Anfahrt dauert 21 s, das Zurückschalten des Schaltwerks nur 0,75 s. Eine neuartige Nockenkupplung zwischen Motor und Nockenwalze bewegt ohne Stoß die Nockenwelle bei jeder Motorumdrehung einen Schaltschritt weiter. Der Doppelschlußmotor der Schaltwerke ist für 1500 V gebaut und wird durch Kurzschließen nach jeder Bewegung gebremst. Die Nockenschütze werden durch die Nocken geschlossen und durch Federn geöffnet. Der Führerschalter enthält den Fahrtrichtungsschalter und einen Steuerschalter mit 6 Stellungen entsprechend den drei Schaltgruppierungen und je einer Feldschwächungsstufe mit 50% Erregung. Das Nockenschaltwerk läuft dann bis zu der gewählten Schaltung hoch. Die ersten fünf Stufen werden durch ein Zeitrelais, die übrigen durch einen Stromwächter selbsttätig gesteuert. Die Anfahrbeschleunigung von $1 m/s^2$ wird so erst auf der 5. Stufe erreicht. Durch Beeinflussung des Stromwächters kann z. B. bei sehr schlüpfrigen Schienen die Anfahrbeschleunigung verringert werden. Durch wechselweises Schalten des Führerschalters auf die ersten beiden Stellungen kann das Schaltwerk von Hand von Stufe zu Stufe weitergeschaltet werden. Der Hauptstromkreis, der bei der Anfahrt bis 1700 A führt, ist durch neuartige Sicherungen geschützt, bei denen eine Füllung mit Borsäure beim Durchschmelzen Wasserdampf erzeugt und dieser den Lichtbogen löscht. Die zweistufigen Luftverdichter liefern 350 l/min bei 8 at Druck und werden von Motoren für 1500 V angetrieben. Ein Motorgenerator von 10 kW Leistung liefert in Verbindung mit einer alkalischen Batterie eine Spannung von 72 V für die Steuerströme, die Lüfter der Klimaanlage und die Beleuchtung, bei der immer je drei Lampen für 24 V in Reihe liegen. *Dtt.*

[1]) Siehe ETZ 59 (1938) S. 473.

Fernmeldetechnik.

DK 621. 396. 822

Das Rauschen von Rundfunkempfängern. [Nach M. Ziegler, Philips techn. Rdsch. 3 (1938) S. 193; 8 S., 3 Abb.]

In Ergänzung früherer Arbeiten legt M. Ziegler zunächst die akustische Auswirkung des Empfängerrauschens fest, in dem an sich alle Frequenzen in gleicher Stärke vertreten sind. Die hochfrequente Bandbreite und der Frequenzgang des Empfängers und des Lautsprechers beeinflussen indessen die Intensitätsverteilung im Rauschspektrum und damit dessen Hörbarkeit, d. h. zwei Empfänger verschiedener Schaltung bzw. Bemessung können an sich infolge der ungleichen Wiedergabekennlinien nicht unmittelbar miteinander verglichen werden. Eine Beurteilung durch das Ohr ist wegen der individuell verschiedenen Ohrempfindlichkeitskurven schwer. Im übrigen kommt es nicht auf das Rauschen an sich, sondern auf das Verhältnis zwischen Signal und Rauschen an.

Ausschlaggebend für die Stärke des Rauschens sind das Kreisrauschen und das Röhrenrauschen, und zwar vor allem im Eingang des Empfängers. Beide Rauschquellen kann man sich durch einen Widerstand ersetzt denken, an dem die thermische Bewegung der Elektrizität eine Schwankungs-EMK hervorruft, die sowohl mit der Wurzel aus diesem Widerstand als auch mit der Wurzel aus der jeweiligen Breite des durchgelassenen Frequenzbandes steigt.

Für die experimentelle Bestimmung der Rauschspannung werden die Empfänger über eine Ersatzantenne an einen HF-Generator gelegt, der sinusförmige Spannungen bestimmter Größe und Frequenz liefert. Der Empfänger wird auf diese Frequenz abgestimmt. Am Empfängerausgang liegt statt des Lautsprechers ein quadratisch anzeigender Spannungsmesser gleicher Impedanz. Der Generator wird mit 500 Hz moduliert und die Modulationstiefe derart eingestellt, daß sich am Instrument ein doppelt so großer Ausschlag ergibt als vom Rauschen allein erhalten wird. Dann sind Ton- und Rauschenergie gleich. Die Rauschspannung entspricht dem Produkt aus Antennensignal und Rauschmodulationstiefe. Um die einzelnen Empfänger vergleichen zu können, wird vor dem Instrument ein Bandpaß mit einem Durchlaßbereich von 300 bis 1300 Hz angeordnet. Die Netzfrequenz und einige ihrer Harmonischen können demnach das Meßergebnis gleichfalls nicht mehr fälschen.

Die Betrachtung des Einflusses der Röhren und Schwingungskreise auf das Rauschen zeigt, daß sich die Verwendung rauscharmer Eingangsröhren (z. B. Vorröhre vor der Mischröhre im Superhet) nicht nur bei Kurzwellen, sondern auch bei Mittelwellen als günstig erweist. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn die betr. Röhren mit verringertem Anodenstrom arbeiten sollen, was u. a. bei Anwendung selbsttätigen Schwundausgleiches zutrifft. Dieser Schwundausgleich führt ganz allgemein zur Erhöhung des „Rauschwiderstandes" und damit zur Erhöhung des Rauschens im heruntergeregelten Zustand. Da dann jedoch auch eine größere Signalspannung gegeben ist, wird sich letzten Endes doch ein günstigeres Verhältnis zwischen Signal und Rauschen ergeben. Sollen Empfänger bezüglich des Rauschens miteinander verglichen werden, so sind Messungen notwendig, die die Abhängigkeit zwischen Signalstärke und Rauschspannung zeigen. Diese Messungen werden zweckmäßig für verschiedene Empfangsfrequenzen vorgenommen; im vorliegenden Aufsatz wurden sie zu 1 und 10 MHz gewählt.

Als zulässiges Verhältnis zwischen Signal und Rauschen ist der Wert anzusehen, bei dem — bei Abwesenheit sonstiger Störungen — das Rauschen so unauffällig ist, daß ein Bedürfnis nach weiterer Senkung nicht mehr besteht. Beobachtungen und Messungen zeigen, daß dies bei einer spezifischen Rauschmodulation von nicht mehr als etwa $^1/_6$% der mittleren Signalmodulation der Fall ist. Bei einer mittleren Signalmodulation von 30% darf also die spezifische Rauschspannung nicht mehr als $^1/_{200}$ der Signalstärke betragen, wenn rauschfreier Empfang gefordert wird. *Nwg.*

DK 621.315.17 : 621.395

Große Spannweiten in ländlichen Fernsprechlinien. [Nach Ray Blain, Telephony 115 (1938) H. 11, S. 15; 4 S., 17 Abb.].

Um Kosten für die Einrichtung und Unterhaltung von ländlichen Fernsprechlinien in dünnbesiedelten Gegenden zu sparen, ist man in Amerika dazu übergegangen, die Spannweiten der Stangenfelder unter Benutzung von Drähten großer Zugfestigkeit zu vergrößern. Der Verfasser erörtert die Erfahrungen, die mit diesen Spannweiten auf drei Versuchsstrecken gemacht wurden. Die erste Versuchsstrecke hatte Spannweiten von rd. 107 m, die zweite von 76 m und die dritte sogar Spannweiten von 122 m. Diese Strecke war bei der Berichterstattung bereits 3½ Jahre in Betrieb und war während dieser Zeit den Unbilden dreier Winter und heftiger Stürme ausgesetzt gewesen, ohne daß Störungen aufgetreten sind. Hiernach ist die Brauchbarkeit der Bauweise wohl als erwiesen zu betrachten. Für die Linien wurden Holzmaste von rd. 6 m Länge, die 1,2 m tief in die Erde gesetzt wurden, verwendet. Nur an Wegeübergängen wurden höhere Stangen gesetzt. Die Leitungen wurden entweder auf Isolatoren mit winkelähnlichen Stützen geführt oder auf Isolatoren auf graden Stützen, die auf Querträgern aus Holz befestigt waren. In scharfen Winkelpunkten wurde der Mast durch zwei Drahtseile abgespannt, die in Verlängerung der Richtung der ankommenden und abgehenden Leitung liegen. Für die Leitung wurden zwei Arten von Drähten aus Kupferstahl mit 2,7 mm Durchmesser verwendet, deren elektrische Eigenschaften den in Amerika gebräuchlichen Leitungen entsprechen. Die beiden Drahtsorten unterscheiden sich durch ihre Bruchfestigkeit. Der Verfasser hat die Urteile einiger Praktiker eingeholt und bespricht sie auch von dem Gesichtspunkt der Leitungsverkabelung aus. Beide Bauweisen werden sich wohl ergänzen müssen. *Kbr.*

DK 621.314.63 : 621.395.65

Die Verwendung kleiner Trockengleichrichter als Schaltungselemente der Fernsprechtechnik. [Nach P. Pfahler, Z. Fernmeldetechn. 19 (1938) S. 177; 4 S., 7 Abb.]

Der Trockengleichrichter, vor allem in der Form des Kupferoxydul-Gleichrichters, findet als Schaltungselement in der Fernmeldetechnik immer mehr Eingang. Aus der Eigenschaft des Gleichrichters, daß er einen hohen Widerstand (etwa $10^4\,\Omega$) besitzt, wenn man eine negative Spannung an die Gegenelektrode legt, und daß der Widerstand für kleine positive Spannungen (etwa 1 bis 1,5 V) auch noch beträchtlich hoch, aber bei einer positiven Spannung von etwa 2 bis 3 V schon sehr niedrig ist, ergeben sich einfache Schaltungslösungen für Aufgaben, für die man bisher verwickelte Schaltungen notwendig hatte. Einige Beispiele sollen die Anwendung des Trockengleichrichters erläutern.

1. Ein Anrufrelais soll auf einen nur kurze Zeit fließenden Wechselstrom ansprechen und sich dann über eine zweite Wicklung und einen eigenen Kontakt halten. Schaltet man zu der Erstwicklung des Anrufrelais einen Gleichrichter parallel, so bleibt das Relais dauernd fest angezogen. Die Gefahr, daß das Relais beim Eintreffen der entgegengesetzten Halbwelle abfällt, besteht nicht mehr.

2. Eine englische Gruppenstelleneinrichtung verwendet 4 Leitungsadern, um 8 Sprechstellen anzuschließen. Hierbei dienen 2 Adern als Sprechadern und die beiden anderen als Schaltadern. Durch Verwendung von 2 Spannungsquellen im Amt (einer Zentralbatterie und einer Hilfsbatterie) und vier Anrufrelais, denen je ein Trockengleichrichter vorgeschaltet ist, können über die 2 Schaltadern 8 Kombinationen für das Anrufen der Teilnehmer hervorgerufen werden, so daß wahlweise einer der 8 Teilnehmer angerufen werden kann, wobei die 7 anderen Teilnehmer zur Wahrung des Fernsprechgeheimnisses abgeschaltet werden.

3. Es gibt Anrufsucherschaltungen, bei denen das Prüfrelais bei besetzt gefundenem Anschluß von Zeit zu Zeit den Anschluß erneut prüft, so daß beim Freiwerden die Verbindung noch hergestellt werden kann. Durch den Einbau eines Trockengleichrichters kann man Doppelverbindungen vermeiden.

4. Ein Gleichrichter, in die Speiseleitung zu einer Nebenstellenbatterie eingebaut, verhütet, daß diese Batterie sich über einen Erdschluß der Speiseleitung entlädt.

5. Mit Hilfe der Trockengleichrichter ist es gelungen, Spannungsbegrenzer sowie röhrenlose Echosperren und Gleichrichterschaltungen zur Modelung von Trägerfrequenzen zu bauen. Diese wenigen Beispiele sollten anregen, Trockengleichrichter in Schaltungen weitgehend zu verwenden. *Sbk.*

DK 621.395.34 (68)

Selbstwählferndienst zwischen den Netzgruppen Johannesburg und Pretoria (Südafrika). [Nach C. E. Beale, Post Off. electr. Engrs. J. 31 (1938) S. 216; 5 S., 6 Abb.]

Gelegentlich der Umstellung der Netzgruppe Pretoria auf Wählbetrieb ist zwischen dieser Netzgruppe und der 58 km entfernten Netzgruppe Johannesburg, in der schon Wählbetrieb bestand, in beiden Richtungen Selbstwählferndienst eingeführt worden. Die Netzgruppe Johannesburg umfaßt 27 Vermittlungsstellen, die teils unmittelbar, teils über ein oder auch zwei Verbundämter an den Netzgruppenmittelpunkt angeschlossen sind. Die größte Entfernung zwischen Netzgruppenmittelpunkt und Vermittlungsstelle beträgt rd. 50 km. Die Netzgruppe Pretoria enthält nur 7 Vermittlungsstellen mit einem größten Abstand von 17 km vom Netzgruppenmittelpunkt. Die beiden Netzgruppenmittelpunkte sind durch 0,9 mm starke Kabelleitungen verbunden, die am abgehenden Ende mit Zweidrahtendverstärkern ausgestattet sind. Die Wahl und Zeichengabe zwischen den Netzgruppenmittelpunkten arbeitet mit Wechselstrom 50 Hz.

Besonders bemerkenswert ist die Art der Gebührenerfassung. Für Gespräche innerhalb einer Netzgruppe gilt ein reiner Zonentarif, der nur die Entfernung zwischen den beiden Vermittlungsstellen, nicht aber die Gesprächsdauer berücksichtigt. Bei solchen Verbindungen wird der Zähler des anrufenden Teilnehmers lediglich bei der Meldung des Gerufenen um eine von der Entfernung abhängige Anzahl Gebühreneinheiten weitergeschaltet. Die Zone und damit die Zahl der Gebühreneinheiten wird von einem in der Vermittlungsstelle des Anrufenden untergebrachten Unterscheidungswähler (discriminating selector) gekennzeichnet, der bei der Kennzahlwahl mitläuft. Für Verbindungen zwischen den beiden Netzgruppen gilt dagegen ein Zeitzonentarif. Um die für Gespräche innerhalb einer Netzgruppe vorhandenen Einrichtungen möglichst wenig ändern zu müssen, wurde die Zeitzonenzählung für Gespräche zwischen den beiden Netzgruppen so gestaltet, daß beim Melden des Gerufenen zunächst die Gebühr für 3 min auf den Zähler des Rufenden übertragen wird. Zu Beginn jeder weiteren 3 min-Einheit wiederholt sich die Zählstromstoßgabe (automatic repeat metering), solange der Anrufende noch nicht eingehängt hat. Zur Steuerung der Zählwiederholung ist jede abgehende Wählübertragung in den Leitungen zwischen Johannesburg und Pretoria mit einem Zeitschaltwerk ausgerüstet, das vom Beginnzeichen angelassen wird und alle 5 min einen Wechselstromstoß 50 Hz über die Sprechleitungen zur Vermittlungsstelle des rufenden Teilnehmers sendet. Dieser Wechselstromstoß löst in der Vermittlungsstelle die Wiederholung der Zählung aus. 12 s vor dem Ablauf jeder 3 min-Einheit werden als Warnzeichen drei kurze Summertöne (800 Hz) gesendet. *Zsch.*

DK 621.395.613.3 : 621.395.813.001.5

Theoretische und experimentelle Untersuchungen der nichtlinearen Verzerrung von Kohlemikrophonen. [Nach K. Braun, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernseh-Techn. 27 (1938) S. 395; 10 S., 17 Abb.]

In der Arbeit wird zunächst der Einfluß der nichtlinearen Verzerrung des Fernsprechmikrophons auf die Übertragungsgüte behandelt. Dann wird die Theorie der nichtlinearen Verzerrung des Kohlemikrophons entwickelt. Sie ergibt, daß infolge der Amplitudenabhängigkeit der Steife des Kohlegrießes die Membran nicht nur mit der Frequenz des erregenden Schalldruckes schwingt, sondern auch noch Oberschwingungen und unter bestimmten Voraussetzungen sogar Unterschwingungen ausführt. Die Amplitudenabhängigkeit der Steife verursacht eine Amplitudenabhängigkeit der Resonanzfrequenz, der Phase und des Übertragungsmaßes. Die auf theoretischem Wege gefundenen Ergebnisse werden durch die Versuche bestätigt. Mit der für die Membranauslenkung gefundenen Lösung werden die Schwankungen des Speisestromes bestimmt und der Klirrfaktor berechnet. Der Verlauf des Klirrfaktors stimmt mit den Meßergebnissen gut überein. *eb.*

Physik.

DK 538.566 : 621.396.029.6

Wellenausbreitung in dielektrischen Kabeln. [Nach L. Brillouin, Bull. Soc. franç. Electr. 8 (1938) S. 899; 34 S., 18 Abb.]

In den letzten Jahren wurde, besonders durch die Arbeiten von Carson, Mead, Schelkunoff und Southworth[1]), die Aufmerksamkeit auf die Möglichkeit der Fortleitung elektromagnetischer Wellen in Metallröhren (dielektrischen Kabeln) gelenkt. In fast allen behandelten Fällen waren die Röhren gerade und hatten kreisförmigen Querschnitt. Es ist nun interessant zu untersuchen, wie sich die Wellen in gekrümmten Röhren und in Röhren mit nicht kreisförmigem Querschnitt, insbesondere in solchen mit elliptischem Querschnitt verhalten, da praktisch der Idealfall eines geraden, kreisrunden Rohres nur näherungsweise erreichbar ist. Als Sonderfall gehören hierzu auch Röhren mit rechteckigem Querschnitt.

Man bezeichnet ganz allgemein eine Welle, die in Richtung der Rohrachse keine magnetische Feldkomponente besitzt, als elektrische Welle (E-Welle) und entsprechend eine Welle ohne elektrische Feldkomponente in dieser Richtung als magnetische Welle (H-Welle). Der Fall, wo beide axiale Feldkomponenten gleichzeitig verschwinden, führt auf das koaxiale Kabel. Diese Trennung von E- und H-Wellen ist wichtig, denn man kann z. B. in einem geradlinigen Rohr durch Querschnittsänderungen die (durch einen Index gekennzeichnete) Form der E- und H-Wellen ändern. Man kann sie aber niemals ineinander überführen.

Die Untersuchung der Wellenausbreitung in Röhren mit rechteckigem Querschnitt zeigt, daß jedem Paar ganzer Zahlen je eine elektrische und magnetische Welle entsprechen, die senkrecht zueinander polarisiert sind und dieselben charakteristischen Größen besitzen. Dabei verschwindet allerdings die elektrische Welle identisch, wenn eine der beiden Zahlen Null ist. Das rechteckige Rohr ist als eine Anordnung von vier Spiegeln aufzufassen, an denen eine Reflexion der beiden Wellen auftritt. Diese werden dabei aber nicht getrennt, wie das bei elliptischen oder kreisförmigen Querschnitten der Fall ist.

[1]) ETZ 59 (1938) S. 857.

Bei elliptischen Querschnitten rechnet man zweckmäßigerweise mit konfokalen Koordinaten. Die Feldgleichungen führen dort auf Mathieusche Funktionen, deren Näherungsformeln für verschiedene Exzentrizitäten diskutiert werden. Die Knotenlinien der E- und H-Wellen sind hier Geraden, Ellipsen und Hyperbeln. Beim Übergang von einem Rohr, dessen Querschnitt eine Ellipse mit waagerechter großer Achse darstellt, zu einem kreisrunden, und schließlich zu einem Rohr mit elliptischem Querschnitt, wobei die große Achse senkrecht steht, können diese Knotenlinienbilder stetig ineinander übergeführt werden.

Ähnlich lassen sich auch die Diagramme, die die Abhängigkeit der charakteristischen Größe k^2 von dem Seitenverhältnis des Querschnittrechtecks bzw. von der Exzentrizität der Schnittellipse darstellen, ineinander überführen, wenn die Ecken des Rechtecks allmählich abgerundet werden und dieses schließlich Ellipsenform annimmt. Auf entsprechende Verhältnisse im Gebiet der Wellenmechanik wird hingewiesen.

In kreisförmigen Röhren zeigen gewisse Wellenformen (E_0 und H_0) Extremwerte ihrer charakteristischen Größen. Diese Wellen werden daher auch bei leichten Rohrverformungen stabil bleiben. Anders ist dies z. B. bei den Wellen E_{1s} und E_{1c}, die eine waagerechte bzw. senkrechte Knotenlinie besitzen. Bei ihrer Überlagerung in einem kreisförmigen Rohr (in welchem beide dieselbe Geschwindigkeit haben) bekommt man je nach ihrem Phasenunterschied eine linear oder elliptisch polarisierte Schwingung. Noch komplizierter liegen die Verhältnisse, wenn etwa eine linear polarisierte Schwingung in ein elliptisches Rohr unter einem Winkel gegen die Ellipsenachsen eintritt. Die Welle zerlegt sich dann in die Komponenten E_{1s} und E_{1c}, die sich mit verschiedener Geschwindigkeit fortpflanzen. Beim Verlassen des Rohres ist also die Schwingung im allgemeinen elliptisch polarisiert. Will man sie empfangen, so muß sie zunächst, durch Einschalten eines elliptischen Rohres von entsprechender Länge und Exzentrizität, wieder linear polarisiert werden, so daß dann das lineareEmpfangsgebilde in die Richtung größter Feldstärke gedreht werden kann. Auf diese Weise lassen sich auch zufällige Rohrverformungen wieder ausgleichen. Die besonders interessante H_0-Welle ist solchen Verformungen gegenüber wenig empfindlich, dagegen wirken bei ihr Rohrkrümmungen sehr ungünstig. Die H_0-Welle hat ja ein longitudinales magnetisches und ein transversales elektrisches Feld. An einer Krümmungsstelle treten zu diesem transversalen elektrischen Feld longitudinale Komponenten, die eine E_1-Welle mit derselben Fortpflanzungsgeschwindigkeit erzeugen. Die E_1-Welle ist nun aber verhältnismäßig stark gedämpft; das bedeutet, daß die Schwingung bei jeder Rohrkrümmung Energie verliert. Erwähnt sei noch, daß die H_0-Welle in elliptischen Röhren eine niedrigere Abreißfrequenz besitzt, was besonders für die Praxis von Wichtigkeit ist, wenn auch gleichzeitig die Dämpfung niedrig bleibt.

Ein Vergleich mit akustischen Problemen zeigt, daß sich sehr viele Analogien mit den H-Wellen herstellen lassen. Allerdings tritt hier eine weitere Wellenform hinzu, die kein elektromagnetisches Analogon besitzt. Es ist die einfache ebene Welle, bei der sich die Gasteilchen in Rohrrichtung verschieben und die sämtliche Frequenzen, bis herunter zu den tiefsten, zu übertragen vermag. Würde man höhere Wellenformen (entsprechend H_0, H_1, ...) in einem solchen Rohr anregen, so bestände hier ebenfalls eine untere Abreißfrequenz wie bei den elektromagnetischen Wellen, und das Rohr würde als akustisches Hochpaßfilter wirken. Ein entsprechendes Modell, mit dem die akustische H_1-Welle anregbar ist, wird diskutiert. *Rdgr.*

DK 539.185

Erzeugung und Anwendung von Neutronen. [Nach F. A. Heyn, Philips techn. Rdsch. 3 (1938) S. 339; 8½ S., 7 Abb.]

1932 gelang es dem englischen Physiker Chadwick Bestandteile von Atomen zu finden, welche ungeladen waren und mit den Elektronen und Protonen zusammen zu den Bauelementen der Materie gehören. Diese Teilchen nannte er Neutronen. Es sei aber nicht unerwähnt, daß bereits früher am Beryllium von deutschen Forschern Neutronen beobachtet worden sind, die aber zunächst für sehr harte γ-Strahlen gehalten wurden.

Um Neutronen zu erhalten, muß man Atome mit α-Teilchen beschießen, wodurch Kernreaktionen auftreten, die Neutronen aus dem Atomverbande herauslösen. Für Beryllium sieht die Reaktion so aus: $Be + \alpha \rightarrow C + n$, d. h. ein α-Teilchen schießt aus einem Berylliumatom ein Neutron heraus und läßt ein Kohlenstoffatom zurück. Die hiermit erzielten Wirkungen sind aber nicht sehr groß, und da 1 mg Radium sehr teuer ist, auch sehr unrentabel. Man braucht nämlich, um ein Neutron zu erhalten, 7000 α-Teilchen. Daher hat man nach anderen Verfahren gesucht. So fand man, daß die Deuteronen, Elementarteilchen des schweren Wasserstoffisotopes Deuterium, ebenfalls in der Lage sind, nach ähnlichen Reaktionen Neutronen zu befreien. Allerdings tritt hier noch die Notwendigkeit auf, Deuteronen erst herzustellen, während α-Teilchen von Natur aus gegeben sind. Trotz dieser Umständlichkeiten gewinnt man aber doch noch bessere Ergebnisse, weil in einem Gasentladungsrohr viel mehr aktive Deuteronen erzeugt werden können. So beträgt der Wirkungsgrad für Lithium, das mit Deuteronen beschossen wird, bei einer Beschleunigungsspannung von 600 kV für die Geschosse, und wenn der Ionenstrom 1 mA beträgt, also $6{,}3 \cdot 10^5$ Deuteronen in der Sekunde erzeugt werden, $2 \cdot 10^{10}$ Neutronen in der Sekunde. Dies ist bei weitem mehr, als mit 100 mg Radium erreicht werden könnte. Die Kernreaktion für Lithium ist folgende: $Li + D \rightarrow 2\,He + n$.

Für eine große Ausbeute werden Neutronengeneratoren benutzt, die aus einer mit Wasserstoff gefüllten Kanalstrahlröhre bestehen, und in denen mittels einer Hochspannungsanlage die Ionen beschleunigt und dann auf eine Lithiumschicht geschossen werden. Nach der Beschleunigung durchlaufen die Ionen ein Magnetfeld, durch das die wirksamsten Geschosse ausgesiebt werden. Die Höhe der Beschleunigungsspannung beträgt gewöhnlich 300 kV. Reicht dies nicht aus, so werden zwei Röhren hintereinander geschaltet, von denen die zweite eine negative Spannung von 300 kV gegen Erde hat, so daß also insgesamt 600 kV wirksam sind.

Die Neutronen selbst besitzen verschiedene Eigenschaften, die nur ihnen allein zukommen. Erstens können sie niemals mit anderen Atomen in Wechselwirkung treten, da sie ungeladen sind. Energie können die Neutronen nur verlieren, wenn sie mit Atomen oder anderen Kernen zusammenstoßen. Hieraus erklärt sich das starke Durchdringungsvermögen der Neutronen, weil ihnen die Kräfte fehlen, die zum Beispiel Elektronen in ihrer Bahn bremsen und die Richtung ändern. Nicht vergessen darf werden, daß es auch einige Neutronen absorbierende Elemente gibt, zu denen besonders Wasserstoff, dann Cadmium, Samarium, Europium und Gadolinium gehört. Die bedeutendste Eigenschaft der Neutronen ist aber die Erscheinung, daß sie in der Lage sind, fast alle Elemente radioaktiv zu machen. Diese durch Neutronenbeschießung hervorgerufene künstliche Radioaktivität ist für die Heilkunde besonders wichtig, weil man so in der Lage ist, in dem Körper einmal einen strahlenden Stoff zu erzeugen, der aber nach seinem Zerfall aufhört zu strahlen im Gegensatz zum Radium, das ständig zerfällt und strahlt, was in den meisten Heilprozessen unerwünscht ist. Eine weitere Anwendung findet diese Eigenschaft der Neutronen in der chemischen Analyse. *Hsr.*

Verschiedenes.

DK 621.3.014.3 (09)

Zur Geschichte des Stoßkurzschlußstromes. [Nach F. Punga, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 533.]

Die Arbeit ist die Fortsetzung einer in der gleichen Zeitschrift[1]) erschienenen Arbeit. 1909 veröffentlichte Steinmetz[2]) eine Behandlung des Stoßkurzschlußstromes, in der wohl zum ersten Male oszillographische Aufnahmen des Stoßkurzschlußstromes enthalten waren. Die physikalische Erklärung war aber nicht befriedigend. Die zwischen 1908 und 1911 erschienenen Abhandlungen von M. Walker, Schuchard und Schweitzer behandeln die Aufgabe hauptsächlich von der experimentellen Seite. Die in den Jahren 1911 und 1912 erschienenen Arbeiten von Boucherot (El. Kongreß Turin) und Dreyfuß bringen auf verschiedenartige Weise eine nahezu erschöpfende Lösung. Die Arbeit von W. Linke[3]) bringt experimentelle Ergebnisse, die als Bestätigung der Arbeit von Dreyfuß aufgefaßt werden können. *eb.*

1) F. Punga, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 273; ETZ 59 (1938) S. 1224.
2) Ch. Steinmetz, Theory and Calculation of transient electric Phenomena and Oscillations, New York 1909; besonders Kap. 13 und 14.
3) W. Linke, Arch. Elektrotechn. 1 (1912) S. 16.

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH.

Entwicklung und Stand der Elektrisierung der Eisenbahnen der Welt.

DK 621.331 : 625.2 (100)

In den letzten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts sind in der Schweiz und den V. S. Amerika die ersten Eisenbahnen auf elektrischen Betrieb umgestellt bzw. neu eingerichtet worden. Seitdem nimmt die Elektrisierung der Bahnen, wenn auch nicht in überaus schnellem Tempo, so doch einen stetig wachsenden Verlauf. Es sind nur wenige — ausnahmslos wirtschaftlich verhältnismäßig unbedeutende — Staaten, die heute noch über keine elektrische Lokomotive oder Triebwagen verfügen.

Die Vorteile des elektrischen Bahnbetriebes lassen sich aus natürlichen, militärischen und geschichtlichen Gründen nicht in dem Maße verwirklichen, wie es durch die technische Leistungsfähigkeit an sich möglich wäre. Wird auch gerade in den letzten Jahren von verschiedenen Staaten der Bau elektrischer Bahnen in gesteigertem Ausmaß betrieben — das elektrisch betriebene Netz Italiens[1]) war Anfang 1939 zweieinhalbmal größer als 1931 —, so ist doch die elektrisierte Streckenlänge der Welt noch sehr gering. Gemessen an dem in der gesamten Welt verlegten Eisenbahnnetz, betrug sie 1937 erst 2,5%. Vergleicht man dagegen nur die Länder, die neben der Dampfbahn auch über eine elektrische Bahn verfügen, so beträgt der Prozentsatz der elektrisierten Streckenlänge rd. 3 %.

Die Gesamtlänge der elektrisierten Strecken stellt sich auf

Jahr	km
1929	15 890
1931	18 786
1937	30 515.

In den acht Jahren von 1929 bis 1937 hat sich demzufolge die Ausdehnung des elektrisch betriebenen Eisenbahnnetzes fast verdoppelt. Annähernd zwei Drittel der elektrisierten Streckenlänge der Welt entfallen allein auf Europa, das 1937 mit rd. 22 000 km ausgewiesen wurde. Es folgen sodann Amerika mit 16,6 %, Afrika mit 5,7 %, Asien mit 4,0 % und Australien mit 1,5 %.

Von den zwischen 1929 und 1931 für elektrischen Betrieb eingerichteten neu hinzukommenden 3000 km und den von 1931 bis 1937 rd. 12 000 km entfielen im ersten Falle annähernd 2000 und im letzten rd. 10 000 allein auf Europa. Man sieht daraus, daß es nach wie vor in erster Linie die kontinentalen Staaten einschließlich England sind, die den Gedanken der elektrischen Eisenbahn maßgeblich weiterentwickelt haben.

Der Grad der Bahnelektrisierung wird in sehr vielen Staaten einerseits durch den Mangel oder gar das Fehlen der natürlichen Rohstoffe (Kohle, Öl, Holz) und anderseits durch das Vorhandensein nutzbarer Wasserkräfte bei günstiger Preisgestaltung bestimmt. Hinzu kommt noch, daß der Entschluß, das Dampfnetz durch die elektrische Betriebsart abzulösen, oft auch von Devisen- und Autarkie-Gesichtspunkten gefördert wird. Wenngleich die in diesem Sinne betriebene Autarkiepolitik zunächst einen höheren Devisen- und Rohstoffaufwand bedingt, so wird doch auf lange Sicht mit Hilfe der anfänglich erweiterten Einfuhr die Abhängigkeit durch Zufuhren aus dem Ausland wesentlich eingeschränkt bzw. gänzlich aufgehoben. Die Verwaltung der italienischen Staatsbahnen ließ verlauten, daß für ihre kürzlich errichteten 1000 km elektrischer Strecken sich die Anlagekosten einschließlich der Zugmaschinen auf rd. 1,2 Mrd Lire (156 Mill RM) beliefen. Noch nicht 12 % davon wurden für die Bezüge ausländischer Maschinen, Zinn, Nickel und Kupfer ausgegeben. Da man nun eine durchschnittliche jährliche Ausgabe in Höhe von knapp 40 Mill Lire (5,2 Mill RM) für Kohlen auf 100 km Dampfbahn errechnet hat, dürften die Kosten für die ausländischen Rohstoffe und Maschinen schon nach spätestens vier Jahren herausgewirtschaftet sein. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß sich die Bahnelektrisierung auch in Ländern mit genügendem Kohlevorkommen lohnen dürfte, da der Ausnutzungsgrad der gleichen Kohlenmengen in der Dampflokomotive nur rd. ein Drittel von dem in den Wärmekraftwerken ausmacht. Auf der Teiltagung Wien der Weltkraftkonferenz 1938 wurde erwähnt, daß z. B. in Frankreich 75 % der benötigten Kohle erspart werden könnte, wenn das gesamte Fernbahnnetz elektrisch betrieben und die Versorgung mit der dazu notwendigen Energie in Wärmekraftwerken vorgenommen würde.

Die Angaben der Zahlentafel 1 zeigen, daß vornehmlich in den brennstoffarmen Ländern Europas: Schweiz, Italien, Schweden, Ostmark und Norwegen die elektrische Betriebsart die größte Verbreitung gefunden hat.

In der Schweiz wurden Ende 1938 rd. drei Viertel des gesamten Bahnnetzes elektrisch betrieben, in Italien 28,1 % und in Großdeutschland zum gleichen Zeitpunkt 5,1 %. Einen verhältnismäßig hohen Elektrisierungsgrad des Bahnnetzes weisen 1937 noch Großbritannien mit 28,2 und Schweden mit 19,2 % auf. Von den nichteuropäischen Staaten ist besonders Marokko mit 43 % zu erwähnen. Die V. S. Amerika bleiben mit rd. 1 % erheblich unter dem errechneten Weltdurchschnitt. Die absolut größte Zahl elektrischer Strecken besitzt Ende 1938 Italien mit 4760 km vor den V. S. Amerika und der Schweiz.

Das Gleichstromsystem wird gegenwärtig noch dem Drehstrom und Einphasenwechselstrom vorgezogen, aber es dürfte wahrscheinlich sein, daß sich der Wechselstrom finanzieller Vorzüge wegen durchsetzen dürfte[2]). Oft sind örtliche Umstände für die Verwendung der verschiedenen Stromarten ausschlaggebend. Einphasenwechselstrom findet man im Altreich, in der Ostmark, Schweiz und Schweden, während das Dreiphasensystem außer bei einer kleinen Bahn in Spanien nur noch in Italien angewendet wird. Gleichstrom wird in Europa hauptsächlich in Südengland, Polen, Rußland und den südlichen Gegenden der italienischen Staatsbahn vorgezogen. Die Versorgung des elektrischen Bahnbetriebes mit Energie macht nur einen ganz geringen Anteil an dem gesamten Elektrizitätsverbrauch eines Landes aus. In Deutschland und Österreich zusammen entfielen 1936 nur 4,4 % des gesamten Inlandsstromverbrauches auf die Bahnen und in der Schweiz 1936/37 etwa 13 %. Dabei werden in diesem Lande über 95 % der gefahrenen Bruttotonnenkilometer auf elektrischen Strecken zurückgelegt. Die Erzeugung der für den Bahnbetrieb benötigten Energie ist in den einzelnen Ländern verschieden. Sie wird je nach den örtlichen Verhältnissen teils in bahneigenen Anlagen teils in öffentlichen Werken, oft aber auch in beiden zusammen vorgenommen. Wegen des erheblichen Unterschiedes zwischen Grund- und zeitweilig anfallendem Spitzenverbrauch darf die Wichtigkeit der Anlage von Speicherwerken nicht außer acht gelassen werden.

Die Verwendung von Triebwagen ist im allgemeinen wesentlich größer als die von elektrischen Lokomotiven. Deutschland (Altreich) besitzt gegenwärtig 560 Lokomotiven und 1170 Triebwagen, Italien verfügte 1938 über 1284 Elektrolokomotiven und Triebwagen. In einigen Staaten, so z. B. in der Schweiz, Schweden, Frankreich, genießt die Lokomotive den Vorrang.

Die bisherige Entwicklung und der gegenwärtig zu verzeichnende Stand der Bahnelektrisierung zeigen, daß in der Mehrzahl der Länder voraussichtlich in den näch-

[1]) ETZ 59 (1938) S. 782.

[2]) E. C. Zehme, ETZ 59 (1938) S. 919.

Zahlentafel 1. Elektrische Eisenbahnen der Welt.

Erdteile und Länder	1929[1])		1931[1])		1937[2])		Stromart[3])	Einrichtung des ersten elektrischen Zugbetriebes
	Länge der elektrifizierten Strecken in km	in Prozent des Gesamtnetzes des Landes	Länge der elektrifizierten Strecken in km	in Prozent des Gesamtnetzes des Landes	Länge der elektrifizierten Strecken in km	in Prozent des Gesamtnetzes des Landes		
Europa:								
Deutschland	1 515	2,8	1 598	3,0	2 218[4])	3,8[4])	GS u. EW	1903
Ostmark	713	10,2	870	10,6	952	13,3	GS u. EW	1907
Belgien	.	.	.	.	58	1,1	GS	1931
Dänemark	.	.	.	.	39	0,7	GS	1933
Estland	.	.	.	.	8	0,5	GS	1932
Frankreich	1 197	2,2	1 847	2,9	3 097	4,8	GS	1900
Großbritannien	743	1,9	761	1,9	1 258	3,9	GS u. EW	1903
Italien	1 710	8,1	1 959	8,1	5 170	28,2	GS, DS u. EW	1901
Niederlande	135	3,7	175	3,7	235	6,9	GS	1908
Norwegen	183	5,1	232	5,1	374	9,4	EW	1908
Schweden	1 168	7,2	1 168	6,9	3 246	19,2	EW	1908
Schweiz	2 335	41,1	2 459	40,8	2 929	49,5	GS, EW	1894
Spanien	274	1,7	606	3,6	614	3,8	GS u. DS	1924
Tschecho-Slowakei	49	0,3	24	0,2	47	0,3	GS	1903
U.d.S.S.R.	52	—	114	0,2	1 408	1,7	GS	1929
Ungarn	15	0,2	104	1,1	339	4,4	EW, DS	1924
insgesamt	10 089	2,7	11 917	5,0	21 992	6,4	—	—
Afrika:								
Algerien	—	—	108	1,4	166	3,4	GS	1932
Marokko	255	17,9	311	12,7	770	43,1	GS	1927
Südafrikanische Union	318	1,7	358	1,8	764	2,9	GS	1926
Tunis	.	.	.	.	37	1,8	GS	
insgesamt	573	.	777	.	1 737	4,9	—	—
Amerika:								
Canada	64	0,1	66	0,1	66	0,1	GS u. EW	1908
V. S. Amerika	3 003	0,8	3 324	0,8	3 753	0,9	GS u. EW	1895
Argentinien	97	0,3	105	0,3	111	0,3	GS	1916
Bolivien	9	0,4	9	0,4	8	0,3	GS	1905
Brasilien	360	1,2	404	1,3	373	1,2	GS	1921
Chile	358	2,9	351	3,9	351	3,9	GS	1916
Cuba	250	4,2	250	4,2	251	.	GS	1920
Mexiko	127	0,5	97	0,4	97	0,4	GS	1925
Venezuela	36	3,4	36	3,4	49	—	GS	1928
insgesamt	4 304	.	4 642	.	5 059	0,8	—	—
Asien:								
China	40	0,3	107	0,8	.	.	GS	1914
Indien	107	0,2	359	0,5	386	0,6	GS	1924
Japan	347	1,5	428	1,5	659	2,2	GS	1904
Mandshukuo	.	.	.	.	126	1,5	GS	1914
Niederländisch-Indien	40	0,7	113	2,0	113	.	GS	1925
insgesamt	534	.	1 007	.	1 284	1,1	—	—
Ozeanien:								
Australien	366	0,9	419	0,9	419	0,9	GS	1919
Neuseeland	24	0,5	24	0,5	24	0,4	GS	1924
insgesamt	390	.	443	.	443	0,9	—	—
im ganzen	15 890	1,3	18 786	1,8	30 515	2,7	—	—

[1]) Aufgestellt und errechnet nach den Berichten des „Electrification of Steam Railroads Committee" New York.
[2]) Aufgestellt und errechnet nach dem „Railway Yearbook" 1937/38, London.
[3]) Stromarten: GS Gleichstrom, EW Einphasenwechselstrom, DS Drehstrom.
[4]) Die elektrisierte Strecke Großdeutschlands betrug Ende 1938: 3290 km, das sind 5,1 % des gesamten großdeutschen Eisenbahnnetzes.

sten Jahren mit einer erheblichen Steigerung des Eisenbahnverkehrs elektrischer Betriebsart zu rechnen ist. Deutschland, das durch die Eingliederung der Ostmark in das Altreich nunmehr über ein erhebliches Maß nutzbarer Wasserkräfte verfügt, wird dabei bestimmt nicht an letzter Stelle stehen. *Dr. Nn.*

Handelsregistereintragung. — Pintsch-Philips G.m.b.H., Berlin O 17 (600 000 RM): Herstellung und Vertrieb elektrotechnischer Artikel jedweder Art.

Jubiläum. Am 10. 5. 1879, also vor 60 Jahren, eröffnete der Optiker und Mechaniker Gottlob Himmel in Tübingen ein mechanisches und optisches Geschäft und legte damit den Grundstein zu der heutigen etwa 750 Gefolgschaftsmitglieder zählenden Aktiengesellschaft, die sich hauptsächlich mit der Herstellung von elektromotorischen Betrieben für Werkzeugmaschinen und von Schweißumformern befaßt. — Anläßlich ihres Jubiläums hat die Firma eine Festschrift über ihre Entwicklungsgeschichte herausgegeben.

Das Amt „Schönheit der Arbeit" schafft Gütezeichen.

Das Amt „Schönheit der Arbeit" wird künftig vorbildliche Betriebseinrichtungen auszeichnen und gab soeben die Richtlinien für die Verleihung eines Gütezeichens bekannt. — Die Grundlage für den nationalsozialistischen Neuaufbau der Arbeitswelt ist der Gedanke der Betriebsgemeinschaft, und mit der Parole „Schönheit der Arbeit" wurde der Entwicklung das Ziel gewiesen. Heute zeigt sich die Notwendigkeit, die für eine zweckmäßige und damit schöne Betriebs- und Arbeitsplatzgestaltung vorbildlichen Betriebseinrichtungen und Erzeugnisse immer mehr herauszustellen, während anderseits alles ausgeschaltet werden muß, was den Forderungen nach Schönheit der Arbeit nicht entspricht. Arbeitsplätze, die den Schaffenden durch schlechte Luft oder Hitze, Maschinen, die ihn durch Rauch, Staub oder Lärm hemmen und so die Leistungsfähigkeit beeinträchtigen, sind in diesem Sinne nicht vorbildlich. Es wird deshalb gefordert, daß die Maschinen und Arbeitsplätze die zur Bekämpfung der erwähnten Einflüsse nötigen Einrichtungen künftig als organische Bestandteile aufweisen, wozu es der Mitarbeit der herstellenden Industrie als Helferin bei der Durchsetzung der großen nationalsozialistischen Ziele im Betriebsleben bedarf.

Das Amt „Schönheit der Arbeit" ist für die Verleihung des neuen Gütezeichens allein zuständig. Es hat durch die umfassende Kenntnis der deutschen Betriebe seit je wertvolle Fingerzeige geben können und weiß aus praktischer Erfahrung, daß die sozial rückständigen Betriebe in der Regel auch technisch

wirtschaftlich rückständig sind und umgekehrt. Diese Erkenntnisse liegen den Richtlinien für die Verleihung zugrunde, nach denen nicht allein der Gesundheitsschutz, sondern auch die technische und nationalwirtschaftliche Zweckmäßigkeit des betreffenden Erzeugnisses eine Rolle spielt, wozu etwa der sparsame Werkstoffeinsatz, die Beachtung der Din-Normen und die Verwendung von Heimstoffen gehören. Wo all diese Forderungen erfüllt sind, kann für Maschinen, Werkbänke, Arbeitstische, Werkzeugschränke, Arbeitsstühle, Wasch- und Badeeinrichtungen und sonstiges Werkstatt- und Bürogerät das Gütezeichen verliehen werden.

Abb. 1. Gütezeichen für vorbildliche Betriebseinrichtungen.

Von den Grundlinien sollen die wichtigsten hier angeführt werden: Das Amt „Schönheit der Arbeit" stellt entsprechend den jeweiligen Bedürfnissen der Praxis für die einzelnen Erzeugnisse oder für bestimmte Arten besondere Gütebedingungen auf, die im einzelnen die technischen Voraussetzungen festlegen, nach denen über die Verleihung entschieden wird. Der Antrag auf Verleihung ist vom Hersteller an das Amt „Schönheit der Arbeit" zu richten; an Händlerfirmen wird das Zeichen grundsätzlich nicht verliehen.

Das Amt „Schönheit der Arbeit" begutachtet die Unterlagen. Eine beratende Mitwirkung steht den zuständigen DAF.-Ämtern gemeinschaftlich mit dem Verein Deutscher Ingenieure und unter Mitwirkung der Reichsstelle für Arbeitsschutz sowie der zuständigen Stellen der gewerblichen Wirtschaft zu. Der Hersteller wird durch die Verleihung berechtigt, das Gütezeichen, ein Metallschild in Plakettenform (Abb. 1), an dem damit ausgezeichneten Erzeugnis anzubringen. Darüber hinaus kann er in geeigneter Form auf die Verleihung in Prospekten und Werbeschriften hinweisen. Im übrigen erfolgt die Begutachtung kostenlos.

Der Hersteller wird durch die Verleihung des Gütezeichens natürlich nicht der Pflicht entbunden, auch künftig die Gütebedingungen einzuhalten. „Schönheit der Arbeit" ist berechtigt, die ausgezeichneten Erzeugnisse nachzuprüfen, und eine weitere Bestimmung sichert auch dem technischen Fortschritt den gebührenden Platz. Es ist nicht der Sinn der Auszeichnung, sie etwa noch dann gelten zu lassen, wenn nach der Verleihung auf dem einschlägigen Gebiet wesentliche Fortschritte gemacht wurden. Vielmehr ist der Hersteller verpflichtet, die neuentwickelten technischen Gedanken an dem ausgezeichneten Erzeugnis auf Verlangen von „Schönheit der Arbeit" entsprechend zu berücksichtigen. *ewe.*

STATISTISCHE MITTEILUNGEN.

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Deutscher Elektroaußenhandel Januar—März 1939. — Die deutsche Elektroausfuhr betrug Januar—März 1939 77,9 Mill RM. Sie ist gegenüber dem Vorjahr um 1,7 Mill RM oder 2,1% zurückgegangen, liegt aber 14 Mill RM oder 21,7% über dem Ergebnis von 1937.

Die einzelnen Warengruppen (Zahlentafel 1) sind an der Ausfuhrveränderung gegenüber 1938 durchaus verschieden be-

Zahlentafel 2. Deutsche Elektroausfuhr[1]) nach Absatzländern.

Absatzgebiete	Januar—März			Anteil a. d. deutschen Elektroausfuhr Januar—März		
	1937 1000RM	1938 1000RM	1939 1000RM	1937 %	1938 %	1939 %
Europa *einschl. Österreich*	*47 863*	*57 247*				
ohne Österreich .	46 266	55 347	57 858	72,3	69,5	74,3
Afrika	2 485	2 668	2 507	3,9	3,4	3,2
Asien	6 573	8 506	7 065	10,3	10,7	9,1
Nord- u. Mittelamerika .	1 473	1 784	1 056	2,3	2,2	1,4
Südamerika	6 586	10 333	8 747	10,3	13,0	11,2
Australien	608	968	670	0,9	1,2	0,8
nicht ermittelt	6	4	3	—	0,0	0,0
	65 594	*81 510*				
insgesamt .	**63 997**	**79 610**	**77 906**	**100**	**100**	**100**
Wichtige Länder in Europa[2]):						
Schweden	5 505	5 788	7 165	8,6	7,3	9,2
Niederlande	5 761	6 892	6 801	9,0	8,6	8,7
Rumänien	2 214	2 849	4 106	3,5	3,6	5,3
Italien	2 903	4 158	3 753	4,5	5,2	4,8
Griechenland	1 254	2 606	3 215	2,0	3,3	4,1
Finnland	1 670	2 473	2 764	2,6	3,1	3,5
Großbritannien	3 374	3 580	2 661	5,3	4,5	3,4
Frankreich	3 158	2 459	2 539	5,0	3,1	3,3
Tschechoslowakei . . .	1 749	2 062	2 516	2,7	2,6	3,2
Belgien-Luxemburg . .	2 642	3 112	2 484	4,1	3,9	3,2
Polen-Danzig	1 327	2 312	2 315	2,1	2,9	3,0
Norwegen	2 472	2 667	2 312	3,9	3,4	3,0
Jugoslawien	1 640	2 007	2 140	2,6	2,5	2,7
Schweiz	1 868	2 066	2 119	2,9	2,6	2,7
Dänemark	1 806	1 814	1 848	2,8	2,3	2,4
Ungarn	980	1 043	1 671	1,5	1,3	2,2
Türkei	797	1 513	1 602	1,2	1,9	2,1
Spanien	226	1 270	1 502	0,4	1,6	1,9
Portugal	662	815	1 108	1,0	1,0	1,4
Bulgarien	949	840	974	1,5	1,1	1,2
Irischer Freistaat . . .	590	1 136	546	0,9	1,4	0,7
Lettland	258	374	475	0,4	0,5	0,6
Litauen	} 203	297	371	} 0,3	0,4	0,5
Memel		82	137		0,1	0,2
Estland	283	326	357	0,4	0,4	0,5
UdSSR	1 762	584	236	2,8	0,7	0,3
sonstige europ. Gebiete .	213	222	141	0,3	0,2	0,2
Österreich	*1 597*	*1 900*				
zus. Europa .	**46 266**	**55 347**	**57 858**	**72,3**	**69,5**	**74,3**
Wichtige Absatzgebiete in Übersee[2])						
Union von Südafrika . .	1 419	1 550	1 059	2,3	2,0	1,3
Ägypten	476	426	911	0,7	0,5	1,2
Französ.-Afrika	275	135	160	0,4	0,2	0,2
Span.-Afrika einschl. Kanarische Inseln . .	59	146	119	0,1	0,2	0,2
übriges Afrika	256	411	258	0,4	0,5	0,3
Brit.-Indien einschl. Burma	1 917	2 068	2 010	3,0	2,6	2,6
Japan	502	1 186	1 057	0,8	1,5	1,4
China	1 660	1 210	968	2,6	1,5	1,2
Niederländ. Indien . . .	953	1 438	888	1,5	1,8	1,1
Iran	613	825	546	1,0	1,0	0,7
Afghanistan	40	50	486	0,1	0,1	0,6
Mandschukuo	144	649	219	0,2	0,8	0,3
Brit. Malaya, Ceylon . .	118	211	172	0,2	0,3	0,2
Hongkong	90	172	160	0,1	0,2	0,2
Palästina	215	305	144	0,3	0,4	0,2
übriges Asien	321	392	415	0,5	0,5	0,6
V.S. Amerika	546	716	432	0,8	0,9	0,6
Mexiko	566	655	318	0,9	0,7	0,4
übriges Nord- und Mittelamerika	361	413	306	0,6	0,6	0,4
Argentinien	2 280	3 531	3 322	3.6	4.5	4,3
Brasilien	2 021	2 859	2 441	3.1	3,6	3,1
Chile	809	1 505	1 260	1.2	1,9	1,6
Uruguay	562	950	486	0,9	1,2	0,6
Kolumbien	386	416	470	0,6	0,5	0,7
Peru	251	416	306	0,4	0,5	0,4
Venezuela	170	413	276	0,3	0,5	0,3
übriges selbständiges Südamerika	107	243	186	0,2	0,3	0,2
Australischer Bund . .	550	875	559	0,8	1,1	0,7
Neuseeland	57	89	108	0,1	0,1	0,1
übrige Gebiete	7	8	6	—	0	0
zus. Übersee . .	**17 731**	**24 263**	**20 048**	**27,7**	**30,5**	**25,7**

[1]) Ausfuhr des Altreiches; 1939 einschl. Ausfuhr des Sudetenlandes.
[2]) Innerhalb der Erdteile nach der Größe 1939 geordnet.

Zahlentafel 1. Deutscher Elektroaußenhandel*) nach Warengruppen.

Pos.	Gegenstand	Ausfuhr 1. Vierteljahr			Ant. a. d. Gesamt-Elektroausfuhr 1. Vierteljahr			Einfuhr 1. Vierteljahr			Ant. a. d. Gesamt-Elektroeinfuhr 1. Vierteljahr		
		1937 1000 RM	1938 1000 RM	1939 1000 RM	1937 %	1938 %	1939 %	1937 1000 RM	1938 1000 RM	1939 1000 RM	1937 %	1938 %	1939 %
907a	Lichtmasch., Lichtzündmasch. usw.	682	711	778	1,1	0,9	1,0	—	2	43	—	0,0	0,6
b—g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Transformatoren usw.	7 452	9 119	7 900	11,6	11,5	10,1	152	418	625	3,8	7,6	8,5
h	Anker, Kollektoren¹)	629	813	721	1,0	1,0	0,9	1	4	7	0,0	0,1	0,1
	zusammen Maschinen	*8 763*	*10 643*	*9 399*	*13,7*	*13,4*	*12,0*	*153*	*424*	*675*	*3,8*	*7,7*	*9,2*
908 a, b	Akkumulatoren	850	832	1 266	1,3	1,1	1,7	12	9	136	0,3	0,2	1,8
909	Kabel	3 758	5 448	4 446	5,9	6,8	5,7	318	539	251	8,1	9,9	3,4
890 a	Isolierter Draht für die Elektrotechnik	3 555	4 472	4 424	5,5	5,6	5,7	156	446	332	3,9	8,1	4,5
871	Lack-(Email-)Draht f. d. Elektr.²)	297	252	247	0,5	0,3	0,3	—	—	—	—	—	—
	zusammen Kabel und Draht	*7 610*	*10 172*	*9 117*	*11,9*	*12,7*	*11,7*	*474*	*985*	*583*	*12,0*	*18,0*	*7,9*
910 a—c	Bogenlampen, Scheinwerfer usw.	465	931	2 516	0,7	1,2	3,3	3	24	4	0,1	0,4	0,1
911 a, b	Glühlampen	2 214	2 060	2 165	3,4	2,6	2,8	1 364	1 420	1 541	34,4	25,9	20,9
912 A 1, 2	Telegraphie und Telephonie mit Draht	3 387	5 750	5 354	5,3	7,2	6,9	67	74	237	1,7	1,4	3,2
A 3	Drahtlose Telegraphie und Telephonie	6 660	7 763	7 321	10,4	9,8	9,4	1 368	1 846	3 100	34,5	33,6	42,2
A 4	Meß-,Zähl- u.Registriervorrichtungen	4 914	5 350	4 758	7,7	6,7	6,1	122	180	255	3,1	3,3	3,5
B, C	Koch- u. Heizapparate einschl. Bügeleisen	1 957	2 467	2 707	3,0	3,1	3,4	7	6	54	0,2	0,1	0,7
D	Röntgenröhren	575	773	688	0,9	1,0	0,9	—	—	5	—	—	0,1
E	Magnetzündapparate usw., Zubehör für Motorfahrzeuge	2 833	3 497	3 347	4,4	4,4	4,3	24	36	86	0,6	0,7	1,2
F 1	Sicherungs- und Signalapparate, Läutewerke	742	1 044	1 144	1,2	1,3	1,5	1	3	6	0,0	0,1	0,1
F 2	Schaltapparate usw., nicht bes. benannte Vorrichtungen f. Beleuchtung, Kraftübertragung usw.	14 290	16 938	15 899	22,4	21,3	20,4	176	316	432	4,5	5,8	5,8
F 3	Elektromedizin	3 322	3 665	3 240	5,2	4,6	4,2	27	14	51	0,7	0,3	0,7
F 4	Galvanische Elemente	718	677	763	1,1	0,9	1,0	—	—	13	—	—	0,2
F 5	Isolationsgegenstände aus Porzellan³)	—	—	—	—	—	—	—	—	13	—	—	0,2
F 6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Glimmer usw.	127	101	116	0,2	0,1	0,1	—	—	3	—	—	0,0
F 7	Isolierröhren f. el. Leitungen aus Papier oder Pappe auch in Verb. mit unedlen Metallen²)	296	274	285	0,5	0,3	0,4	—	—	—	—	—	—
Aus 795, 799	Anderes Isolierrohr (Stahl-, Peschel-, Schlitzrohr)²)	542	739	583	0,8	0,9	0,7	—	—	—	—	—	—
648 a—e	Kohle für die Elektrotechnik	2 473	2 949	3 015	3,9	3,7	3,8	80	74	70	2,0	1,3	0,9
733 a	Porzellanisolatoren	513	578	818	0,8	0,7	1,0	—	—	—	—	—	—
906 D 15	Staubsauger	707	738	703	1,1	0,9	0,9	69	33	54	1,7	0,6	0,7
915 b 5	Elektrokarren²)	39	119	76	0,1	0,1	0,1	—	—	—	—	—	—
783 c, 799 c	Teile v. Masch. u. Erzeugn. d. Nr. 907a bis 911 b aus schmiedbarem u. nicht schmiedbarem Guß³)	—	—	—	—	—	—	16	35	42	0,4	0,6	0,6
	versch. Erzeugnisse (Kühlschränke, Werkzeuge usw.)²)⁴)	.	1 550	2 626	—	2,0	3,4	—	—	—	—	—	—
	unvollständig angemeldet	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	insgesamt	**63 997**	**79 610**	**77 906**	**100**	**100**	**100**	**3 963**	**5 479**	**7 360**	**100**	**100**	**100**

¹) Ausfuhr auch anderer Teile von elektr. Maschinen. — ²) nur für die Ausfuhr. — ³) nur für die Einfuhr. — ⁴) erst seit April 1937 ausgewiesen. — *) Außenhandel des Altreiches; 1939 einschließlich Sudetenland.

teiligt gewesen. Ausfuhrsteigerungen sind in einigen wenigen Gruppen eingetreten. Genannt seien hiervon Lichtmaschinen, Maschinen im Gewicht von 10 bis 25 kg, Akkumulatoren und Elemente, Koch- und Heizapparate, Bogenlampen, Scheinwerfer, Glühlampen. In den übrigen Gruppen ging die Ausfuhr zurück, wobei in einer Anzahl bedeutender Gruppen die Ausfuhrminderung erheblich größer als bei der Gesamtausfuhr gewesen ist. Die ländermäßige Verteilung der Ausfuhr (Zahlentafel 2) zeigt wieder nach Europa eine Zunahme von 4,5%, der ein Rückgang nach Gesamtübersee von 17,4% gegenübersteht. Von den europäischen Ländern haben weniger deutsche Elektroerzeugnisse als im ersten Vierteljahr 1938 aufgenommen Belgien-Luxemburg, Großbritannien, Irland, Island, Italien, die Niederlande, Norwegen, die UdSSR., dahingegen ist die deutsche Elektroausfuhr gestiegen um 3% und weniger nach Frankreich, der Schweiz, Polen, Dänemark, 6 bis 7% nach Jugoslawien und der Türkei, 10 bis 16% nach Bulgarien, Estland, Finnland, 18 bis 22% nach Spanien, der Tschecho-Slowakei, Griechenland, 24 bis 27% nach Lettland, Litauen, Schweden, über 30% nach Portugal, Rumänien und Ungarn. Nach Übersee sind in der Hauptsache nur Ausfuhrverminderungen zu verzeichnen, und zwar ging die Ausfuhr nach den Erdteilen insgesamt wie folgt zurück: Nach Afrika um 6%, nach Asien und Südamerika um 15 bis 17%, nach Australien um 31%, nach Nord- und Mittelamerika um 41%. Die Einfuhr (Zahlentafel 1 und 3) betrug 7,4 Mill RM, die wieder zu über ¾ von den Gruppen drahtlose Telegraphie und Telephonie, Glühlampen, Maschinen, Kabel und Draht bestritten werden. Hauptlieferländer waren Holland, Ungarn und die Tschecho-Slowakei.

Zahlentafel 3. Deutsche Elektroeinfuhr nach Ländern.

Herkunftsländer¹)	Deutsche Elektroeinfuhr²) 1. Vierteljahr			Anteil a. d. deutschen Elektroeinfuhr 1. Vierteljahr		
	1937 1000RM	1938 1000RM	1939 1000RM	1937 %	1938 %	1939 %
Niederlande	1 186	1 965	2 365	29,9	35,9	32,1
Ungarn	1 489	1 367	1 650	37,6	25,0	22,4
Tschechoslowakei	64	193	1 433	1,6	3,5	19,5
Schweiz	255	533	557	6,5	9,7	7,6
Schweden	147	308	315	3,7	5,6	4,3
Italien	32	87	300	0,8	1,6	4,1
Belgien-Luxemburg	448	570	214	11,3	10,4	2,9
Großbritannien	144	259	212	3,6	4,7	2,9
V.S. Amerika	68	105	159	1,7	1,9	2,2
Dänemark	79	39	99	2,0	0,7	1,3
sonstige Länder	51	53	56	1,3	1,0	0,7
Österreich	*318*	*252*				
Insgesamt *einschließl.* Einfuhr aus Österreich	*4 281*	*5 731*				
Insgesamt ohne Einfuhr aus Österreich	**3 963**	**5 479**	**7 360**	**100**	**100**	**100**

¹) Geordnet nach der Größe von 1939.
²) Einfuhr des Altreiches; 1939 einschl. Sudetenland.

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin: 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84.

41. Mitgliederversammlung des VDE in Wien vom 31. Mai bis 3. Juni 1939.

Wir geben zur Kenntnis, daß die „Erste Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft" den Teilnehmern an der Mitgliederversammlung eine 25prozentige Ermäßigung für Fahrten auf der Eil-, Ausflugs- und Lokalschiffstrecke Passau—Wien gewährt. Ermäßigter Fahrpreis:

		RM		RM	
Passau—Wien	I. Kl.	12,25	II. Kl.	9,90	einschl. Eil-
Linz—Wien	I. Kl.	7,65	II. Kl.	6,25	schiffzuschlag
Wien—Passau	I. Kl.	6,45	II. Kl.	5,20	
Wien—Linz	I. Kl.	4,—	II. Kl.	3,15	

Geltungsdauer:
für die Hinfahrt 27. V. bis 2. VI.
für die Rückfahrt 1. VI. bis 7. VI.

Die Ermäßigung kann nur bei Nachweis der Zugehörigkeit zum VDE bzw. zum NSBDT, Fachgruppe Energiewissenschaft, oder bei Vorlegung des Tagungsausweises gewährt werden. Sie gilt auch für die mit dem Tagungsteilnehmer gemeinsam reisenden Begleitpersonen.

Weitere Auskünfte erteilt auf Anfrage die „Erste Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft", Reisedienst, Wien I, Kärntner Straße 2.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Bezirk Berlin

vorm. Elektrotechnischer Verein.

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Fachversammlung

des Fachgebiets „Installationstechnik".
Leiter: Oberingenieur W. Hoeres VDE.

Vortrag

des Herrn Oberingenieur Dr.-Ing. D. Müller-Hillebrand VDE, Berlin, am Dienstag, dem 16. Mai 1939, um 20^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Installation elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im VDE-Haus, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
11. 5. 1939 Vortragsreihe „Fernwirkanlagen in der Starkstromtechnik": „Betriebserfahrungen mit Frequenz- und Fahrplanregelung", Vortragender: Oberingenieur Dipl.-Ing. W. Fleischer VDE. Gemeinschaftliche Veranstaltung mit der Arbeitsgemeinschaft „Hochspannungstechnik".

Elektrizitätswerke. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. B. J. v. d. Knesebeck VDE.
12. 5. 1939 Besichtigung des Westkraftwerks der Bewag, Berlin-Spandau, Otternbuchtstraße. Treffpunkt: um 15^{00} pünktlich am Haupteingang — Anmeldung — des Westwerks. Teilnahme nur für Reichsdeutsche. Die Besucherliste lag bereits aus.

Elektromaschinenbau. Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.
15. 5. 1939 Vortragsreihe „Grenzen im Bau von Gleichstrommaschinen und Umformern": „Kleinstmaschinen", Vortragender: Ingenieur Binder VDE.

Fernmeldetechnik. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. K. Wagner VDE.
16. 5. 1939 „Verzerrungen in der Fernschreibtechnik", Vortragender: Ingenieur H. Sulling.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
17. 5. 1939 „Angewandte Elektronenoptik", 1. Abend.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Halle. 15. 5. (Mo), 20^{15}, Stadtschützenhaus: „Die Bemessung der Isolation von Hochspannungsanlagen". Dr.-Ing. W. Estorff VDE.

VDE Bezirk Nordsachsen, Leipzig. 17. 5. (Mi), 20^{00}, Grassimuseum: „Der Oberleitungsomnibus, ein neuzeitliches Oberflächen-Verkehrsmittel" (Technische und wirtschaftliche Fragen unter besonderer Berücksichtigung der Leipziger Verhältnisse). Dir. Dr.-Ing. F. Lehner.

VDE Bezirk Kurmark, Stützpunkt Senftenberg. 13. 5. (Sa), 18^{15}, Senftenberg, Bergbauhaus: „Gegenseitige Ergänzung von Mensch und Gerät in der Steuer- und Schutztechnik elektrischer Anlagen" (m. Lichtb.). Obering. Dr. R. Schimpf VDE.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft Bezirksgruppe Berlin, Deutsche Gesellschaft für technische Physik zu Berlin und Physikalische Gesellschaft zu Berlin. 11. 5. (Do), 17^{30}, T. H.: „Sehschärfe und Lichtfarbe" (m. Lichtb.). Doz. Dr. H. Schober.

Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft, Berlin. 16. 5. (Di), 19^{00}, Ingenieurhaus: „Fragen des Kriegs-Flugzeugbaues" (m. Lichtb.). Prof. Dr.-Ing. E. Seydel.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Hochschulnachrichten. — Herrn Prof. Dr. H. Sequenz VDE, Wien, dem wissenschaftlichen Leiter der Zeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau", wurde an der T. H. Wien vertretungsweise die Lehrkanzel für Elektrotechnik und Elektrotechnische Meßkunde übertragen. — Herr Prof. Sequenz ist am 13. 1. 1895 in Wien geboren, nahm von 1914 an am Weltkrieg teil und kehrte 1920 aus sibirischer Gefangenschaft zurück. Er studierte Maschinenbau und Elektrotechnik in Wien, promovierte dort 1927 zum Dr. techn., 1935 an der T. H. Karlsruhe zum Dr.-Ing., 1938 an der Universität Wien zum Dr. phil. Er war nach dem Studium einige Jahre in der Praxis tätig, wurde dann Professor an einer Hoheren Staatsgewerbeschule in Wien und habilitierte sich 1932 an der Wiener T. H. für Elektromaschinenbau. Mit dem 1. 3. 1938 übernahm er die wissenschaftliche Leitung der E. u. M., nach der Rückkehr der Ostmark ins Reich leitete er auch kommissarisch den Elektrotechnischen Verein in Wien.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.365 : 672

Elektrowärme in der Eisen- und Metallindustrie. Von Dipl.-Ing. O. Wundram. Werkstattbücher Heft 69. Herausg. von Dr.-Ing. H. Haake. Mit 94 Abb. u. 64 S. im Format 155 × 230 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1939. Preis kart. 2 RM.

Der Verfasser hat auf 64 Seiten das gesamte Gebiet der Elektrowärme behandelt. Nach einer Betrachtung der theoretischen Grundlage der Elektrowärmeerzeugung (Wärme, Elektrizität, Erzeugung und Verteilung des Stromes, Wärmeerzeugung der Elektrizität) behandelt er die Grundformen der Geräte sowie die dazu benötigten Baustoffe. Dann werden die Ausführungsformen der Elektrowärmeanlagen beschrieben und zwar: Schmelzöfen, Glühöfen und sonstige Elektrowärmeverwertung. Unter den sonstigen Elektrowärmeverwertungen wird das elektrische Schweißen kurz behandelt. Es schließen sich Erläuterungen über das Messen und Regeln und die Wirtschaftlichkeit der Elektrowärme an. Das Buch ist sehr kurz und klar geschrieben. Auf Seite 61/62 unter 45 über die Wirtschaftlichkeit der Elektrowärme wäre es vielleicht angebracht, dieses Gebiet etwas ausführlicher zu behandeln, weil man, nach meinem Dafürhalten, hier nicht genügend auf diese Grundlage hinweisen kann.

Ich möchte das Buch jedem, der sich mit Elektrowärmefragen in der Eisen- und Metallindustrie beschäftigen will, bestens empfehlen. Fr. J. Knoops VDE.

DK 62 : 681

Bauelemente der Feinmechanik. Herausg. von O. Richter und R. v. Voß. 2. Aufl., neu bearb. von Dipl.-Ing. R. v. Voß unter Mitarbeit von F. Kozer. Mit 1617 Abb., XI u. 491 S. im Format 190 × 250 mm. VDI-Verlag G.m.b.H., Berlin 1938. Preis geb. 25 RM.

Das Buch „Bauelemente der Feinmechanik" ist ein Standard-Werk der feinmechanischen Technik. Die Verfasser werden immer das Verdienst haben, die erste Schrittmacherarbeit auf einem Gebiet geleistet zu haben, das man viel zu lange vernachlässigt hatte, und auf dem es gilt, Versäumtes nachzuholen. Die Änderungen gegenüber der ersten Auflage haben zu einer weiteren Vervollkommnung des Buches geführt, obgleich mit der ersten Auflage im großen und ganzen das zunächst gesteckte Ziel bereits erreicht war.

Die im Vorwort gebrachten Ausführungen, ob man die feinmechanische Technik mit dieser nun in den Betrieben und auch sonst eingeführten Bezeichnung kennzeichnet oder ob man sie irgendwie anders nennen sollte, interessieren niemand, und es wäre zu begrüßen, wenn man sich in dieser Beziehung wieder auf die klare Kennzeichnung der ersten Auflage zurückziehen würde.

Das Buch ist heute bereits in der gesamten feinmechanischen Industrie so bekannt, daß es besonderer Empfehlung nicht mehr bedarf. W. Kniehahn.

DK 621.315.616.9 + 679.5

Handbuch der künstlichen plastischen Massen. Herstellung und Eigenschaften künstlicher plastischer Massen und ihre Verwendung zu industriellen Zwecken. Systematische Patentübersicht. Von Dr. O. Kausch. 2. Aufl. Mit 584 S. im Format 180 × 230 mm. J. F. Lehmanns Verlag, München u. Berlin 1939. Preis kart. 28 RM, geb. 30 RM.

Das nun in zweiter Auflage vorliegende Werk ist durch die in den letzten Jahren besonders starke Entwicklung auf dem behandelten Kunststoffgebiet an Umfang stark gewachsen. Dem Fachmann wird die Zusammenfassung der Patente sehr willkommen sein; eine zweckentsprechende Einteilung und ein ausführliches Stichwort- und Namenregister sowie ein Verzeichnis der Handelsnamen machen es an sich zu einem begehrten Nachschlagewerk.

Leider sind dem Verfasser eine große Anzahl von Fehlern unterlaufen, die den Wert des Werkes gerade als Nachschlagewerk stark beeinträchtigen. U. a. sei auf die fehlerhaften Strukturformeln für Cellulosexanthogenat (S. 253), für Vinyläther, Vinylester (S. 286) hingewiesen. Unverständlich ist auch die Angabe der gleichen Formel unter der Bezeichnung Styrol und Styrolen. Celluloseäther werden nicht durch Veresterung gewonnen (S. 278), sondern durch Verätherung. Auch ist es falsch, auf S. 235, Z. 17 v. u., von hydratisierenden Flüssigkeiten zu sprechen. Es muß vielmehr hydrolisierende bzw. verseifende Flüssigkeiten heißen.

Das Verzeichnis der Warenzeichen und Handelsnamen wird großen Anklang finden. Vielleicht wäre eine gesonderte Herausgabe möglich. Es müssen dann allerdings eine große Reihe falscher bzw. irreführender Angaben über die Zusammensetzungen der Stoffe berichtigt werden, die auf die gewöhnlich ziemlich allgemein gehaltenen Eintragungen der Warenzeichen zurückzuführen sind. So sind z. B. unter der Bezeichnung Acronal Polyacrylsäureverbindungen im Handel. Das Geaphan ist keine Celluloseacetatmasse, sondern eine Folie. Der Ausdruck für Igelit als Vinylharzmasse ist zu allgemein. Lanusa schlechthin als Wolleersatz zu bezeichnen, ist ebenso abwegig wie Vistra als synthetische Wolle und dergl.

Bei einer Neuauflage des Handbuches ist dringend zu empfehlen, Fachleute aus der herstellenden und verarbeitenden Industrie zur Mitarbeit heranzuziehen, wodurch manche Unklarheiten und Unrichtigkeiten, die aus den Patentschriften nicht erkannt worden sind, sich vermeiden lassen. Der Wert dieses an und für sich begrüßenswerten Werkes kann so erheblich gesteigert werden. P. Nowak VDE.

621.3.012 : 518

Rechnerische Verfahren zur harmonischen Analyse und Synthese mit Schablonen für eine Rechnung mit 12, 24, 36 oder 72 Ordinaten. Von Dr.-Ing. A. Hußmann. Mit 24 Abb. im Text u. auf 2 Tafeln, 4 Zahlentafeln, 10 Berechnungstafeln u. 28 S. im Format 215 × 310 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1938. Preis kart. 9,60 RM.

Gegenüber den schon vorhandenen Formularen zur harmonischen Analyse von Lohmann, Zipperer, Pollak, Terebesi sollen die neu hinzugekommenen von Hußmann es vor allem ermöglichen, zu noch höheren Oberwellen vorzudringen (bis zur 35. Sinuswelle). Das Werk besteht aus einem Text von 28 großen Seiten, in dem die theoretischen Grundlagen und die Anweisungen zum Gebrauch der Schablonen gegeben werden, und aus zehn herausnehmbaren Blättern mit den Schablonen. Es wird sowohl das Bessel-Rungesche Verfahren behandelt, für das die Schablonen gelten, wie das Verfahren von Tschebyschew, Wedmore, Fischer-Hinnen. Dabei werden auch Kontrollrechnungen und Fehlerschätzungen besprochen. Es verdient Anerkennung, daß auch über den Zeitbedarf Angaben gemacht werden: Bei 12 Ordinaten 15 bis 20 min, bei 24 Ordinaten 1 bis 1½ Stunden, bei 36 Ordinaten 2½ bis 4 Stunden, bei 72 Ordinaten 7 bis 12 Stunden.

Die Rechnung wird nicht auf die Schablonen selbst geschrieben, sondern über die Schablonen wird durchsichtiges Papier gespannt, am oberen und unteren Ende umgefaltet und mit Büroklammern gegen Verschieben gesichert. Das hat den Nachteil, daß man auf dem durchsichtigen Papier die Buchstaben der Schablonen durchschreiben muß, oder wenn man es nicht tut, daß später die Bedeutung der Zahlen nicht mehr erkennbar ist. Außerdem ist es nicht bequem, auf durchsichtigem Papier zu rechnen. Daher wäre es vorteilhafter, daß man vorgedruckte Formulare (etwa von dem Format eines Frachtbriefs) kaufen und in diese die Rechnung eintragen könnte.

Nur wenigen wird bekannt sein, daß man hier auf ein großes äußerliches Hindernis stößt: Die Verlagsbuchhandlungen stehen in geschäftlichen Beziehungen nur zu den Sortimentern, nicht aber zu den Zeichen- und Papierhandlungen. Daher könnte man zwar sehr leicht jene Formulare drucken, aber nur sehr schwer verkaufen. Man sollte meinen, daß unsere Organisationsfähigkeit auch dieses Hindernis überwinden können sollte. Der Einzelne steht diesen Verhältnissen machtlos gegenüber, aber die technischen Verbände müßten hier helfen können.

Sicherlich werden sich die Hußmannschen Schablonen bei harmonischen Analysen als eine vortreffliche Hilfe erweisen. Fritz Emde VDE.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. J. Baltzer VDE, Schöneiche b. Berlin, Auguste-Viktoria-Straße 21.

Obering. F. Kelbe VDE, Berlin-Rummelsburg, Archibaldweg 36.

Dipl.-Ing. W. Laubenheimer VDE, Halle a. S., Spdl. Falkstr. 11.

Abschluß des Heftes: 5. Mai 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
60. Jahrgang | Berlin, 18. Mai 1939 | Heft 20

Fluchtlinientafeln in der ETZ, Theorie und Anwendungen.

Von Fritz Zimmermann VDE, Wien.

DK 518.3 : 621.3

Übersicht. Die in der ETZ veröffentlichten Nomogramme (Fluchtlinientafeln), die elektrotechnische Aufgaben betreffen, werden nach Stoffgebieten und Aufbau zusammengefaßt. Ein einfaches Verfahren zur Herstellung der häufigsten Nomogrammarten und zur Ableitung der Maßstabsgleichungen jeder Tafelform wird besprochen. Die Nomogramme werden dabei in der Determinantenform angeschrieben. Die aufgelöste Determinante liefert sowohl die jeweils nomographisch darstellbare Funktionsgattung als auch die gleichzeitig zu erfüllenden Maßstabsgleichungen.

Trotz der großen Zahl der Nomogramme, die aus dem Gebiete der Elektrotechnik in Gebrauch stehen und in der ETZ teilweise veröffentlicht wurden, hat die Nomographie noch nicht allgemein solche Anwendung und Verbreitung gefunden, wie ihr infolge ihrer vielfachen Anwendungsmöglichkeiten und der zahlreichen Vorteile, die sie bietet, gebühren. Im folgenden soll nun versucht werden, eine ganz kurze, für den Praktiker bestimmte Beschreibung eines Herstellungsverfahrens der häufigsten Nomogrammtypen und der Ableitung der jeweiligen Maßstabsgleichungen zu geben. Im übrigen sei auf das zahlreiche Schrifttum über Nomographie verwiesen[1]).

Zur Behandlung gelangen nur Leitertafeln mit einer Geraden als Ableseindex (Fluchtlinientafeln). Die Beschreibung der Herstellung von Kurvenscharentafeln (Netztafeln) würde den Rahmen einer einführenden Arbeit überschreiten. Über die Anfertigung von Tafeln mit zwei parallelen und sich schneidenden Geraden wird in der Arbeit C. v. Dobbeler, ETZ 49 (1928) S. 467 berichtet, ferner werden diese Tafeln ausführlich in den grundlegenden Lehrbüchern der Nomographie behandelt. Die Ableitung der Maßstabsgleichungen bietet auch für diese Tafelformen nach dem in dieser Arbeit angewendeten Verfahren keine Schwierigkeiten.

1. Drei parallele Gerade als Skalenträger.

Im schiefwinkeligen Koordinatensystem $\xi\,\eta$ sind die Koordinaten der Punkte (Abb. 1):

$$\begin{array}{lll} A: & \xi_1 = -m & \eta_1 = \mu_1 f(x) \\ B: & \xi_2 = 0 & \eta_2 = \mu_3 f(z) \\ C: & \xi_3 = n & \eta_3 = \mu_2 f(y), \end{array}$$

wobei $f(x)$, $f(y)$ und $f(z)$ beliebige Funktionen von x, y, z sind, und μ der Maßstab der jeweiligen Skala ist. Der Maßstab einer Funktionsskala $y = f(x)$ ist die in Maßeinheiten (cm, mm) ausgedrückte Länge einer der numerischen Einheit der Variablen y entsprechenden Strecke $\left(\mu = \frac{\text{cm, mm}}{\text{entsprechender Funktionswert}}\right)$.

Z. B.: $y = \frac{2x+2}{x^2}$ $\mu = 100$ mm.

$x = 0$	$y = \infty$	∞ mm
$x = \frac{1}{2}$	$y = 12$	1200 „
$x = 1$	$y = 4$	400 „
$x = 2$	$y = \frac{6}{4}$	150 „
$x = 1 \pm \sqrt{3}$	$y = 1$	100 „ .

Abb. 1.

Abb. 2.

Die Bedingung, daß drei Punkte auf einer Geraden liegen, ist aus der analytischen Geometrie bekannt: Die Determinante gebildet aus den Koordinaten der Punkte muß verschwinden.

$$\begin{vmatrix} \xi_1 & \eta_1 & 1 \\ \xi_2 & \eta_2 & 1 \\ \xi_3 & \eta_3 & 1 \end{vmatrix} = 0 \text{ oder } \begin{vmatrix} -m & \mu_1 f(x) & 1 \\ 0 & \mu_3 f(z) & 1 \\ n & \mu_2 f(y) & 1 \end{vmatrix} = 0.$$

Die Zeilen stellen dabei die Koordinaten der Funktionsskalen dar, während die Spalten deren Abszissen bzw. deren Ordinaten bedeuten. Durch Auflösung der Determinante erhält man

$$n\,\mu_1 f(x) + m\,\mu_2 f(y) = (m+n)\,\mu_3 f(z). \tag{1}$$

Man kann also durch dieses Nomogramm die Beziehung

$$f(x) + f(y) = f(z)$$

darstellen, wenn man vorschreibt, daß

$$n\,\mu_1 = m\,\mu_2 = (m+n)\,\mu_3.$$

Daraus folgt

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{m}{n} = \frac{b}{a}.$$

[1]) Siehe z. B.: Konorsky, Grundlagen der Nomographie. Berlin, Julius Springer 1923; Krauß, Die Nomographie. Berlin, Julius Springer 1922; H. Schwerdt, Lehrbuch der Nomographie. Berlin, Julius Springer 1924; Werkmeister, Das Entwerfen von graphischen Rechentafeln. Berlin, Julius Springer 1923; A. Walther, H. J. Dreyer u. H. Schüßler, ETZ 60 (1939) S. 65.

Weiter ergibt die Elimination von m und n aus $n\mu_1 = (m+n)\mu_3$ und $m\mu_2 = (m+n)\mu_3$

$$\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} = \frac{1}{\mu_3}.$$

Wenn also zwei Maßstäbe und die Lage zweier Skalen je nach dem Bereich der darzustellenden Funktion und der Größe des Blattes gewählt sind, ist die Lage und der Maßstab der dritten Skala eindeutig festgelegt. Die Nullpunkte der Funktionen liegen auf einer Geraden, die Skalen werden nach den Werten von x, y, z beziffert. Beim Subtrahieren wird der entsprechende negative Skalenteil verwendet.

Bei der Anordnung der Skalen nach Abb. 2 und nach der Gleichung $f(x) + f(y) = f(z)$ liegt die Ergebnisskala in der Mitte. Will man zwecks fortlaufender Ablesung — z. B. bei Aneinanderreihung mehrerer Nomogramme — die Ergebnisskala als äußere Skala erhalten, kehrt man nach der Gleichung $f(x) - f(z) = -f(y)$ die Richtung zweier Skalen um. Legt man den nach abwärts gerichteten Skalen positive Bedeutung bei, Abb. 3, so erhält man

$$f(x) + f(z) = f(y).$$

Ebenso ergibt sich bei entgegengesetzter Ableserichtung (Abb. 4):

$$f(y) + f(z) = f(x).$$

Abb. 3.

Abb. 4.

Beim Subtrahieren werden wieder die entsprechenden negativen Skalenteile verwendet. Setzt man für

$$f(x) \pm f(y) = f(z)$$

$$a \ln x \pm b \ln y = c \ln z,$$

so erhält man nach den Gleichungen

$$x^a\, y^b = z^c \quad \text{bzw.} \quad \frac{x^a}{y^b} = z^c$$

Tafeln für Multiplikation und Division. Längs einer logarithmischen Skala ist die prozentuale Ablesegenauigkeit konstant[2]).

Eine Zusammenstellung der in der ETZ ausgeführten Nomogramme der in den einzelnen Abschnitten behandelten Arten befindet sich am Schluß der Arbeit.

2. Paralleltafeln für drei Variable mit nicht konstanten Koeffizienten.

Hat die Gleichung $f(x) + f(y) = f(z)$ nicht konstante Koeffizienten, sondern den Aufbau

$$\varphi(u)\, f(x) + \psi(u)\, f(y) = f(z),$$

wobei $\varphi(u)$ und $\psi(u)$ Funktionen der Veränderlichen u sind, so kann man, die frühere Ableitung benutzend, zu einfachen Tafelformen gelangen.

Gl. (1) kann infolge Proportionalität nach Abb. 1 geschrieben werden:

$$a\,\mu_1 f(x) + b\,\mu_2 f(y) = (a+b)\,\mu_3 f(z).$$

[2]) Vgl. H. Schwerdt, Lehrbuch der Nomographie. Berlin, Julius Springer 1924.

Dies soll nun identisch sein mit

$$\varphi(u)\, f(x) + \psi(u)\, f(y) = f(z).$$

Also muß

$$a\,\mu_1 = \varphi(u), \qquad b\,\mu_2 = \psi(u), \qquad (a+b)\,\mu_3 = 1$$

sein. Daraus folgt

$$\frac{b}{a} = \frac{\mu_1\,\psi(u)}{\mu_2\,\varphi(u)} \tag{2}$$

und durch Elimination von a und b

$$\frac{1}{\mu_3} = \frac{\varphi(u)}{\mu_1} + \frac{\psi(u)}{\mu_2}. \tag{3}$$

Grundsätzlich sind nun zwei Anordnungen möglich.

a. Die Skalen und Maßstäbe für $f(x)$ und $f(y)$, d. s. μ_1, μ_2 und die Summe $a + b$ bleiben konstant, während die Skala $f(z)$ für verschiedene u verschiedene Lagen annimmt und ihren Maßstab ändert. Für b/a und μ_3

Abb. 5.

Abb. 6.

gelten dann die obigen Gleichungen. Zu jeder $f(z)$-Skala wird der entsprechende Wert von u dazugeschrieben. Verbindet man die Punkte mit gleichem z, so erhält man eine Doppelkurvenschar uz (Abb. 5). Soll z eine Parallelenschar zur Abszisse sein, muß μ_3 konstant bleiben, und wählt man $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$, so muß $\varphi(u) = 1 - \psi(u)$ sein.

Ein Spezialfall ist $\psi(u) = 1$.

$$f(z) = \varphi(u)\, f(x) + f(y).$$

Dann wird

$$b = \frac{\mu_1\, a}{\mu_2\,\varphi(u)} = \frac{a+b}{1 + \varphi(u)\,\frac{\mu_2}{\mu_1}} = \Phi(u)$$

$$\mu_3 = \frac{\mu_1\,\mu_2}{\mu_2\,\varphi(u) + \mu_1} = \frac{\mu_2\, b}{a+b}.$$

Im Koordinatensystem $b\,\mu_3$ (Abb. 6) ist dies eine Gerade durch den Ursprung. Projiziert man daher eine z-Skala durch den Ursprung auf die y-Skala, so kann man die z-Werte auf einer dort im konstanten Maßstab μ_2 gezeichneten z-Skala ablesen. Der Aufbau der Tafel und der Rechnungsgang ist aus Abb. 6 zu ersehen. Die unbezifferte z-Gerade erhält man durch jeweiliges Verbinden gleicher Werte der beiden u-Skalen[3]).

b. Die Anordnung kann auch so getroffen werden, daß b, μ_1 und μ_3 konstant bleiben. Man erhält dann eine Doppelkurvenschar uy (Abb. 7). Aus Gl. (2) und (3) erhält man

$$a = \frac{b\,\mu_3\,\varphi(u)}{\mu_1 - \mu_3\,\varphi(u)}, \qquad \mu_2 = \frac{\mu_1\,\mu_3\,\psi(u)}{\mu_1 - \mu_3\,\varphi(u)}.$$

Für $\mu_1 = \mu_3$ und $\varphi(u) = 1 - \psi(u)$ wird $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 =$ konst. Die y-Schar sind also parallele Gerade.

Ein Sonderfall ist $\psi(u) = 1$.

$$\varphi(u)\, f(x) + f(y) = f(z)$$

$$a = \frac{b\,\mu_3\,\varphi(u)}{\mu_1 - \mu_3\,\varphi(u)}, \qquad \mu_2 = \frac{\mu_1\,\mu_3}{\mu_1 - \mu_3\,\varphi(u)}$$

$\varphi(u)$ daraus eliminiert:

$$\mu_2 = \frac{\mu_3}{b}\, a + \mu_3.$$

[3]) K. Kohler, ETZ 58 (1937) S. 1051.

Der Zusammenhang zwischen μ_2 und a ist also ein linearer im Koordinatensystem $a\,\mu_2$ (Abb. 8). Aus dem Punkt $P(\mu_2 = 0)$, der die Abszisse $a = -b$ hat, wird μ_3 auf die einzelnen $f(y)$-Skalenträger projiziert. Trägt man auf der $f(z)$-Skala im Maßstab μ_3 vorübergehend

Abb. 7.

Abb. 8.

die Funktion $f(y)$ auf, so liefert das Strahlenbüschel aus dem Punkt P durch die $f(y)$-Werte die Geradenschar für y.

Würde man versuchen, b zu variieren und a, μ_2 und μ_3 konstant zu lassen, so zeigt sich

$$\frac{b}{a} = \frac{\mu_1}{\mu_2}\,\frac{1}{\varphi(u)}$$

$$\frac{\varphi(u)}{\mu_1} = \frac{1}{\mu_3} - \frac{1}{\mu_2} = k$$

also

$$b = a\,\frac{1}{\mu_2 k} = k'$$

und

$$\mu_1 = \frac{\varphi(u)}{k}.$$

Die Skala $f(x)$ verändert nur ihren Maßstab, nicht aber die Lage. In diesem Fall ordnet man die Skalen $f(x)$ nebeneinander als Funktion von u an (Abb. 9), wobei die Teilung für u beliebig ist, und projiziert die Werte auf d i e Leiter $f(x)$, für die die nomographische Grundgleichung gilt (z. B. $u \to x \to z \leftarrow y$), oder man zeichnet die Fluchtlinientafel und die Skalenschar auf zwei durchsichtige Blätter, die man dann in geeigneter Weise übereinanderlegt.

Abb. 9.

3. Die Z-Tafel.

Aus Abb. 10 erhält man leicht die Determinantenform dieser Nomogrammtype. In der ersten Spalte stehen die Abszissen, in der zweiten die Ordinaten der Funktionsskalen.

$$\begin{vmatrix} 0 & \mu_1 f(x) & 1 \\ \mu_2' f'(y) & 0 & 1 \\ a & -\mu_3 f(z) & 1 \end{vmatrix} = 0 \text{ oder}$$

$$a\,\mu_1 f(x) = \mu_2' f'(y)\,[\mu_1 f(x) + \mu_3 f(z)].$$

Setzt man für

$$\mu_2' f'(y) = \frac{a\,b}{b + \mu_2 f(y)},$$

wobei b eine gewisse Strecke auf der η-Achse bedeutet, erhält man die mittels dieses Nomogramms darstellbare Funktionsbeziehung

$$f(x)\,f(y) = f(z),$$

sowie die Maßstabsbeziehung

$$\frac{\mu_1\,\mu_2}{b} = \mu_3.$$

Die Bedeutung von b, μ_2, $f(y)$ wird sofort geklärt. Wenn für

$$\mu_1 f(x) = b \text{ und } \mu_3 f(z) = \mu_2 f(y)$$

in die Determinante eingesetzt wird (Abb. 11), ergibt sich

$$\mu_2' f'(y) = \frac{a\,b}{b + \mu_2 f(y)}.$$

Die Skala auf der ξ-Achse wird also konstruiert, indem man auf der Skala für $f(z)$ vorübergehend im Maßstab μ_2 $f(y)$ aufträgt und durch den Punkt A $(0,b)$ auf die ξ-Achse projiziert. Die ξ-Achse wird nach den entsprechenden y-Werten beziffert. Um ungünstige Schnittpunkte bei dieser Konstruktion zu vermeiden, kann man, da nur μ_2/b konstant bleiben muß, b verändern, wenn man nur die damit verbundene Änderung von μ_2 berücksichtigt.

Abb. 10.

Abb. 11.

Die nomographische Lösung desselben Problems wäre auch mit parallelen Skalenträgern bei logarithmischer Teilung möglich, die Herstellung der Teilungen der z-Tafel ist jedoch meist bequemer.

Doppel Z-Tafel.

Durch Zusammenlegen zweier Z-Tafeln nach Abb. 12 erhält man

$$\frac{\mu_1 f(x)}{\mu_3 f(z)} = \frac{\mu_2 f(y)}{\mu_4 f(w)}.$$

Abb. 12.

Abb. 13.

Für $\mu_1/\mu_3 = \mu_2/\mu_4$ ist die darstellbare Beziehung

$$\frac{f(x)}{f(z)} = \frac{f(y)}{f(w)}.$$

Man erhält so ein einfaches Nomogramm für eine gewisse Type von Funktionen mit vier Variablen.

4. Tafel mit drei einander in einem Punkt schneidenden Geraden.

Nach Abb. 13 ergibt sich sofort die Determinante:

$$\begin{vmatrix} 0 & \mu_1 f(x) & 1 \\ a\,\mu_3 f(z) & b\,\mu_3 f(z) & 1 \\ \mu_2 f(y) & 0 & 1 \end{vmatrix} = 0.$$

Daraus:

$$\frac{b}{\mu_1 f(x)} + \frac{a}{\mu_2 f(y)} = \frac{1}{\mu_3 f(z)}.$$

Die Darstellung der Beziehung

$$\frac{1}{f(x)} + \frac{1}{f(y)} = \frac{1}{f(z)}$$

verlangt

$$\frac{b}{\mu_1} = \frac{a}{\mu_2} = \frac{1}{\mu_3}.$$

Dabei ist zufolge des Sinussatzes

$$a = \frac{\sin\beta}{\sin(\alpha+\beta)}, \qquad b = \frac{\sin\alpha}{\sin(\alpha+\beta)}.$$

Wählt man für $\alpha = \beta = 60°$, wird $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$.

Die Tafel mit drei beliebigen einander schneidenden Geraden als Skalenträger ist in der Praxis sehr selten anzutreffen. Es sei daher nur auf das Schrifttum verwiesen[4]).

5. Tafeln mit zwei parallelen geraden und einem gekrümmten Skalenträger.

Nach Abb. 14 kann man die Determinante sofort anschreiben.

$$\begin{vmatrix} 0 & \mu_1 f(x) & 1 \\ \xi & \eta & 1 \\ a & \mu_2 f(y) & 1 \end{vmatrix} = 0 \text{ oder}$$

$$\mu_1 f(x) - \mu_2 f(y) \frac{\xi}{\xi - a} + a \frac{\eta}{\xi - a} = 0.$$

Abb. 14.

Abb. 15.

Setzt man für

$$-\frac{\xi}{\xi - a} = \mu_3 f_1(z) \text{ und } \frac{\eta}{\xi - a} = \mu_4 f_2(z),$$

so geht die obige Gleichung über in

$$\mu_1 f(x) + \mu_2 f(y) \, \mu_3 f_1(z) + a \, \mu_4 f_2(z) = 0.$$

Die gekrümmte Skala wird durch die Parametergleichungen

$$\xi = \frac{a\,\mu_3 f_1(z)}{\mu_3 f_1(z) + 1} \text{ und } \eta = a \frac{-\mu_4 f_2(z)}{\mu_3 f_1(z) + 1}$$

dargestellt. Die Elimination von z, die aber nicht immer möglich ist, ergibt daraus die Gleichung der Kurve in der Form $\varphi(\xi\,\eta) = 0$, wobei ξ und η in Längeneinheiten (mm, cm) erhalten werden. Die Bezifferung nach z wird durch Konstruktion der Abszissen oder Ordinaten ξ bzw. η ermittelt. Für Darstellung der Beziehung

$$f(x) + f(y)\, f_1(z) + f_2(z) = 0$$

muß

$$\mu_1 = \mu_2 \mu_3 = a\,\mu_4$$

sein, d. h.

$$\mu_3 = \frac{\mu_1}{\mu_2}, \quad \mu_4 = \frac{\mu_1}{a}.$$

6. Tafeln mit zwei beliebigen geraden und einem gekrümmten Skalenträger.

Die Determinante lautet in diesem Fall (Abb. 15):

$$\begin{vmatrix} 0 & \mu_1 f(x) & 1 \\ \mu_4 f_2(z) & \mu_3 f_1(z) & 1 \\ \mu_2 f(y) & 0 & 1 \end{vmatrix} = 0.$$

Aufgelöst erhält man

$$\frac{\mu_3 f_1(z)}{\mu_1 f(x)} + \frac{\mu_4 f_2(z)}{\mu_2 f(y)} = 1.$$

Das Nomogramm stellt

$$\frac{f_1(z)}{f(x)} + \frac{f_2(z)}{f(y)} = 1$$

dar, wenn $\frac{\mu_3}{\mu_1} = \frac{\mu_4}{\mu_2} = 1$, d. h. $\mu_3 = \mu_1$ und $\mu_4 = \mu_2$ ist.

7. Tafeln mit einem geraden und zwei gekrümmten Skalenträgern.

sind ein Sonderfall des im nächsten Abschnitt behandelten allgemeinen Falles und sollen daher nicht besonders erläutert werden.

8. Allgemeiner Fall, drei beliebige Skalenträger.

Die Determinante ergibt sich nach Abb. 16:

$$\begin{vmatrix} \mu_2 f_2(x) & \mu_1 f_1(x) & 1 \\ \mu_4 f_2(y) & \mu_3 f_1(y) & 1 \\ \mu_6 f_2(z) & \mu_5 f_1(z) & 1 \end{vmatrix} = 0.$$

Wenn $\mu_2 = \mu_4 = \mu_6$ ist, kann die erste Spalte durch $\mu_{2,4,6}$ dividiert werden, ebenso bei $\mu_1 = \mu_3 = \mu_5$ die zweite Spalte durch $\mu_{1,3,5}$. Die so vereinfachte Determinante ergibt aufgelöst:

$$f_1(x)\,[f_2(y) - f_2(z)] + f_1(y)\,[f_2(z) - f_2(x)] + f_1(z)\,[f_2(x) - f_2(y)] = 0,$$

wobei also

$$\mu_1 = \mu_3 = \mu_5 \text{ und } \mu_2 = \mu_4 = \mu_6 \text{ ist.}$$

Läßt sich also eine Funktion $F(xyz) = 0$ in die oben dargestellte Form der Teilfunktionen $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_1(y)$ usw. zerlegen, so kann sie durch obige Nomogrammtype dargestellt werden. Die Beschaffenheit der Teilfunktionen ist maßgebend für die Lage und Gestalt der Skalenträger. Diese in Parameterform gegebenen Kurven werden dann nach den Parametern x, y, z beziffert.

Abb. 16.

Zwecks Verbesserung der Skalenbeschaffenheit und Ablesemöglichkeit kann man das entworfene Nomogramm noch einer projektiven Verzerrung unterwerfen, die aber hier nicht behandelt werden soll[5]).

Die angenäherte punktweise Konstruktion von Tafeln ganz allgemeiner Natur $f(xyz) = 0$, oder solcher, die analytisch nicht ausdrückbare Funktionen darstellen sollen, behandelt v. Stritzl[6]).

Zusammenfassung.

Die Herstellung von Nomogrammen der in der Praxis am häufigsten vorkommenden Arten und die Ableitung ihrer Maßstabsgleichungen ist also auf sehr einfache Weise möglich. Auf die großen Vorteile, die die Lösung von häufig wiederkehrenden, ähnlichen Rechenaufgaben mittels Fluchtlinientafeln gegenüber anderen Verfahren besitzt, braucht hier nicht mehr hingewiesen werden.

Wenn dieser kurze Bericht die Nomographie dem Leser etwas näher gebracht hat, ist der Zweck dieser Arbeit erfüllt.

---

[4]) Ulfilas Meyer, ETZ 42 (1921) S. 1225.

[5]) Genaueres darüber: Schwerdt: Lehrbuch der Nomographie. — Zimmermann: Nomogramme für komplexe Ausdrücke. Arch. Elektrotechn. 32 (1938) S. 789.

[6]) v. Stritzl, Arch. Elektrotechn. 11 (1922) S. 25.

Zusammenstellung der in der ETZ veröffentlichten Fluchtlinientafeln.

Nr.	Fachgebiet	Veröffentlicht in ETZ	Verfasser	Titel der Arbeit	Art der Tafel
1	DK 518.3	45 (1924) S. 271	F. Strecker	Über perspektive Methoden der Nomographie.	g*)
2	„	45 (1924) S. 1342	D. Wehage	Neuere Anwendungen der Nomographie.	a, f
3	„	46 (1925) S. 1080	H. Schenkel	Die Nomographie in der ETZ bis 1924.	
4	„	47 (1926) S. 416	H. Schwerdt	Elementare Behandlung projektiver Verzerrungen.	
5	„	49 (1928) S. 467	C. v. Dobbeler	Beispiele für Nomogramme mit vier Veränderlichen.	k
6	„	49 (1928) S. 1436	H. Maurer	Nomogramme mit bis zu 8 Veränderlichen. Brief dazu S. 1832.	i
7	„	51 (1930) S. 1151	A. Fischer	Allgemeines Verfahren zum Entwerfen von graph. Rechentafeln insbes. von Fluchtlinientafeln.	
8	DK 620.1:621 .315.6	47 (1926) S. 158	F. Förster	Fluchtlinientafeln für die Berechnung der Durchschlagfestigkeit von Isolierölen.	a, c
9	„	48 (1927) S. 858	VDE	Vorschriften für Transformatoren- und Schalteröle.	a, c
10	„	54 (1933) S. 362 u. 534	VDE	Durchschlagsfestigkeit von Isolierölen.	a, c
11	„	56 (1935) S. 1138	VDE	Durchschlagsfestigkeit von Isolierölen.	a, c
12	DK 621.3.001.24	42 (1921) S. 381	A. Joitel	Einfaches Verfahren zur Trennung der Hysterese u. Wirbelstromverluste in Eisen.	a
13	„	42 (1921) S. 484	J. Hak	Beitrag zur Analyse von Wechselstromkurven.	a, b
14	„	43 (1922) S. 777	H. Schwerdt	Fluchtlinientafeln, Grundlagen u. Anw. auf Frag. d. Leitungsber. u. Beleuchtungst.	a, b, c
15	„	44 (1923) S. 178	H. Langrehr	Fluchtlinientafel zur Berechn. des Leistungsfaktors bei Dreiphasenanlagen und Apparaten. Dazu Diskussion 44 (1923) S. 903.	a
16	„	45 (1924) S. 81	P.T.R.A	Die graphische Berechnung von Selbst- u. Gegeninduktivitäten.	h
17	„	45 (1924) S. 534	R. Gundel	Fluchtlinientafel zur Berechnung des Leistungsfaktors.	—
18	„	45 (1924) S. 861	W. Bader	Fluchtlinientafel zur Berechn. des Leistungsfakt. in Dreiphasenanlagen.	c
19	„	46 (1925) S. 598	H. Zinser	Fluchtlinientafel zur Bestmg. des Leistungsfakt. in Dreiphasenanlagen.	c
20	„	46 (1925) S. 663	W. Groezinger	Fluchtlinientafel zur Berechnung des Leistungsfakt. aus Wirk- u. Blindarbeit.	c
21	„	46 (1925) S. 1896	R. Resch	Fluchtlinientafel zur Umrechn. des Leistungsfakt. aus Wirk- u. Blindarbeit.	c
22	„	47 (1926) S. 530	F. Wolf	Nomogramm zur Bestimmung des Spannungsabfalls in Wechselstr.-Kreisen.	a
23	„	48 (1927) S. 1075	L. Fenyö	Einfache Umrechnung komplexer Zahlen mit dem Rechenschieber.	a
24	„	50 (1929) S. 230	H. Rühlemann	Ermittlung der Entladekurve von Kondensatoren.	k
25	„	51 (1930) S. 512	H. B. Brooks und F. Defandorf	Experimentalstudien am Koronavoltmeter.	c
26	„	51 (1930) S. 1125	K. Täuber	Einrichtungen zum Prüfen u. Messen von Hochspannungsanlagen.	c
27	„	52 (1931) S. 1602	H. B. Brooks und F. Defandorf	Das Korona-Voltmeter.	c
28	„	56 (1935) S. 457	H. Freytag	Die Gleichstromregelkurve des ohmschen Spannungsteilers.	g
29	DK 621.313/314.2	43 (1922) S. 781	P. von Stritzl	Die Nomographie und ihre Anwendung im Elektromaschinenbau. Dazu Diskussion S. 800 und Brief ETZ (1923) S. 475.	c, d
30	„	45 (1924) S. 1205	E. Laßwitz	Die Bemessung der Wellen elektrischer Maschinen.	b
31	„	45 (1924) S. 1435	H. Schwerdt	Fluchtlinientafel für die Erwärmungsfunktion.	f
32	„	47 (1926) S. 1449	K. Kraus	Nomogramme zur Ermittlung der Feldschwächung von Gleichstrommaschinen.	d
33	„	49 (1928) S. 467	C. v. Dobbeler	Beispiele für Nomogramme mit vier Veränderlichen.	k
34	„	49 (1928) S. 1332	H. Rosenthal	Kennzahlen zur Ausleguug und zum Vergleich von Typenreihen.	c
35	„	49 (1928) S. 1772	W. Reiche	Über die Kurzschlußfestigkeit von Stromwandlern.	b
36	„	50 (1929) S. 1623	F. Sieber u. F. Heiles	Lüftung von Transformatorenkammern.	a
37	„	51 (1930) S. 382	E. Bihari u. G. Stein	Transformatorenberechnung mittels Nomogramms. Berichtigung dazu S. 469 und S. 555.	a, i
38	„	52 (1931) S. 1093	R. Schütte	Verlustleistung und Kühlluftbedarf elektrischer Maschinen.	b
39	„	53 (1932) S. 1253	O. Hudetz	Nomogramme zur Bestimmung des Rotorwicklungsfaktors.	c
40	„	57 (1936) S. 1475	C. Reinarz	Beitrag zur Frage des Motorschutzes im aussetzenden Betrieb mit schwerem Anlauf.	a
41	„	58 (1937) S. 977	R. Schütte	Die Berechnung von Oberflächenkühlern für geschlossene, außenbelüftete Elektromotoren größerer Leistung.	b
42	„	58 (1937) S. 1033	K. Bätz	Zusatzschwungräder für mit Kolbenmaschinen gekuppelte el. Maschinen.	f
43	DK 621.315.1/.2	41 (1920) S. 539	H. Ott	Durchhänge bei Freileitungen.	c
44	„	42 (1921) S. 1116	STUGRA	Fluchtlinientafeln zur Berechnung elektrischer Leitungen.	b
45	„	42 (1921) S. 1225	U. Meyer	Rechentafeln zur Leitungsberechnung.	a, g
46	„	43 (1922) S. 251	J. Hak	Berechnung der Induktivität und Kapazität der Freileitungen.	a
47	„	43 (1922) S. 777	H. Schwerdt	Fluchtlinientafeln. Grundlagen u. Anwendungen auf Fragen d. Leitungsberechnung u. Beleuchtungstechnik.	a, b, c
48	„	43 (1922) S. 1318	H. Ott	Die Berechnung von Wechselstromfreileitungen auf Spannungsschwankungen mit graphischen Hilfsmitteln (Rechentafel).	a, b
49	„	46 (1925) S. 836	H. Böhm	Fluchtlinientafeln zur Berechnung der Beeinflussung von Fernmeldelinien durch Drehstromleitungen.	b
50	„	46 (1925) S. 989	J. Kuusinen	Beiträge zu Seilberechnungen.	c, f
51	„	47 (1926) S. 366	P. Hoffmann	Fluchtlinientafel zur Berechnung d. Drahtarmaturen freihängender Kabel.	c, f
52	„	47 (1926) S. 527	H. Ott	Näherungsmethoden für die Durchhangsberechnung von Freileitungen mit mehrgliedrigen Abspannketten.	a, e
53	„	47 (1926) S. 530	F. Wolf	Nomogramm zur Bestimmung des Spannungsabfalls in Wechselstromkreisen.	a
54	„	47 (1926) S. 561	—	Rechenschieber und Fluchtlinientafel für schnelle Berechnung von Dreiphasenleitungen.	b, i
55	„	47 (1926) S. 1193	F. Loebner	Über den Ladestrom bei Kabeln mit metallisierter Einzelader.	a, b
56	„	48 (1927) S. 17	A. Nouguier	Die Nomographie der Durchhangsgleichung bei Freileitungen.	k
57	„	48 (1927) S. 1885	P. Leybold	Abgekürzte Berechnung von Drehstrom-Verteilungsnetzen mit Hilfe von Nomogrammen.	a
58	„	49 (1928) S. 1181	K. Langhard	Beitrag zur Berechnung von Freileitungen.	c, l
59	„	50 (1929) S. 1771	Hans Müller	Materialgewichte und Trommelraumbedarf elektrischer Kabel.	k
60	„	52 (1931) S. 961	F. Mörtzsch	Bemessung u. Einrichtung elektrischer Anlagen in Wohnhausvierteln unter Berücksichtigung des elektrischen Kochens.	c
61	„	56 (1935) S. 907	J. Bogdan	Bemessung u. Einrichtung elektrischer Anlagen in Wohnhausvierteln unter Berücksichtigung des elektrischen Kochens.	b
62	„	57 (1936) S. 1111	K. Kohler	Nomogramme für die wichtigsten Hilfsbeziehungen der Durchhangsberechnung von Freileitungen.	a, k
63	„	58 (1937) S. 1051	K. Kohler	Graphische Hilfsmittel zur Spannungsberechnung bei Drehstromfreileitungen.	a, c, d, k
64	DK 621.316.5/.7 /.8	44 (1923) S. 85	K. Hörner	Fluchtlinientafel für die Berechnung von Anlassern.	d
65	„	47 (1926) S. 1316	J. Hak	Zur Berechnung der Anlaßwiderstände eines Hauptstrommotors.	a, c
66	„	48 (1927) S. 968	L. Treubert	Bestimmung der Anlaßzahl und Schalthäufigkeit von Ölanlassern.	a, b
67	„	48 (1927) S. 1765	L. Treubert	Belastung von Widerstandsbaustoffen im aussetzenden Betrieb.	a, b
68	„	56 (1935) S. 457	H. Freytag	Die Gleichstromregelkurve des ohmschen Spannungsteilers.	g
69	„	57 (1936) S. 1475	C. Reinarz	Beitrag zur Frage des Motorschutzes im aussetzenden Betrieb mit schwerem Anlauf.	a
70	„	58 (1937) S. 1390	A. Schulze	Über metallische elektrische Widerstandswerkstoffe.	a
71	DK 621.317.8	41 (1920) S. 985	Courou	Linientafel zur graphischen Bestimmung von Strompreisen.	d
72	„	44 (1923) S. 485	W. Guntermann	Die wirtschaftl. günstigste Aufteilung der Kosten von Verteilungsleitungen und Transformatorenstationen.	a, b
73	„	51 (1930) S. 1509	E. Unger	Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Verteilungsnetzen aus den Werten der Statistik.	a
74	„	52 (1931) S. 193	P. v. Stritzl	Wirtschaftl. Bemessung der Maschinengröße bei der Anlage und Erweiterung von Wärmekraftwerken.	c, h
75	„	52 (1931) S. 667	L. Musil und H. Schwerdt	Fluchtlinientafel für energiewirtschaftliche Untersuchungen.	a
76	DK 621.318	36 (1915) S. 437	W. Loebe	Zur Berechnung elektrischer Wicklungen.	a, b
77	„	41 (1920) S. 954	J. Hak	Zur Berechnung der Drosselspulen.	b

Nr.	Fachgebiet	Veröffentlicht in ETZ	Verfasser	Titel der Arbeit	Art der Tafel
78	DK 621.318	50 (1929) S. 1440	J. Hak	Berechnung der durch die Windungsisolation hervorgerufenen Vergrößerung der Induktivität von eisenlosen Drosselspulen.	a
79	DK 621.32	43 (1922) S. 73	L. Bloch	Lichttechnische Berechnungen in nomographischer Behandlungsweise.	a, b
80	„	43 (1922) S. 777	H. Schwerdt	siehe Nr. 14.	a, b, c
81	„	44 (1923) S. 1071	L. Bloch	Die Verwertung von Lichtverteilungsmessungen.	a, c
82	„	49 (1928) S. 1825	H. S. Bull	Nomogramme für photometrische Berechnungen.	b
83	DK 621.33	42 (1921) S. 193	E. Seefehlner	Zeichnerische Rechenbehelfe für den Entwurf und Betrieb elektrischer Bahnen.	a, b, c, d f, l
84	„	46 (1925) S. 109	P. von Stritzl	Die Anwendung nomographischer Methoden beim Entwurf elektrischer Bahnen.	d
85	DK 621.365	53 (1932) S. 580	G. Steinbrück	Nomogramm zur Bestimmung der Leistung an Drehstrom-Lichtbogenöfen.	a
86	„	56 (1935) S. 104	W. Fischer	Die Verwendungsmöglichkeiten der Induktionsheizung ohne Eisenschluß.	a
87	DK 621.39	39 (1918) S. 347	W. Eccles	Eine Tafel zur Wellenlängenberechnung.	h
88	„	43 (1922) S. 620	—	Bericht über die technischen Entscheidungen der Pariser Internat. Radiokonferenz Juli—August 1921.	f
89	„	43 (1922) S. 1239	D. Wehage	Rechentafeln zur Auswertung von Nebensprechmessungen.	a, b
90	„	45 (1924) S. 1342	D. Wehage	siehe Nr. 2	a, f

*) a Paralleltafeln, nach Abb. 1.
b Aneinanderreihung von Paralleltafeln.
c Z-Tafeln nach Abb. 10 und 12.
d Aneinanderreihung von Parallel-, Z- und Doppel-Z-Tafeln.
e Nomogramme mit drei einander in einem Punkt schneidenden Geraden, nach Abb. 13.
f Nomogramme mit einer gekrümmten und zwei parallelen geraden Skalen, nach Abb. 14.
g Nomogramme mit einer gekrümmten und zwei beliebigen geraden Skalen, nach Bild 15.
h Nomogramme mit einer geraden und zwei gekrümmten Skalen.
i Nomogramme mit Skalenscharen, nach Absatz 2.
k Nomogramme mit Ablesekreuz.
l Nomogramme mit zwei parallelen Geraden als Ableseindex.

Anordnung zur Aufzeichnung oszilloskopischer Aufnahmen.

DK 621.317.755 + 621.317.752.062

Die als „Memnoskop" bezeichnete[1]), in Abb. 1 dargestellte Anordnung dient zur Aufzeichnung rasch veränderlicher elektrischer Vorgänge, z. B. der Rückzündungserscheinungen bei Quecksilberdampf-Gleichrichtern u. dgl. Von den Spannungsklemmen des zu untersuchenden Gleichrichters führt die eine Leitung zu einem Schleifring und die andere zu der Bürste *I* eines vielteiligen Kommutators, dessen einzelne Lamellen über Papierröhrchen-Kondensatoren handelsüblicher Bauart von je 10 pF mit dem Schleifring verbunden sind. Im Nebenschluß zu dem Schleifring und dem Kommutator liegen die Spannungsablenkplatten eines Kathodenstrahloszillographen. Während der Drehung des Kommutators und Schleifringes im entgegengesetzten Uhrzeigersinne ist der Kondensator C_1 beim Verlassen der Bürste *I* durch die Spannung U_{t_1} aufgeladen. Nach etwa einer vollen Umdrehung befindet sich die mit dem Kondensator C_1 verbundene Kommutatorlamelle unter der Bürste *O*, von der eine Leitung zu der einen Ablenkplatte des Kathodenstrahloszillographen führt, und es wird von diesem die Spannung U_{t_1} aufgezeichnet. Bevor der Kondensator C_1 wieder zu der Bürste *I* gelangt, wird er durch die Bürste *S* kurzgeschlossen und entladen, um zur Aufnahme einer neuen Ladung bereit zu sein. Die aufeinander folgenden Ladungen der im Kreis angeordneten Kondensatoren $C_1, C_2, C_3, \ldots Cn$ ergeben so in der geschilderten Weise auf dem Schirm des Kathodenstrahloszillographen stufenweise ein ziemlich getreues Abbild der veränderlichen Spannung U_t, das durch eine Kamera aufgenommen werden kann. Der Verschluß dieser Kamera wird durch ein von einer Elektronenröhre gesteuertes Relais betätigt, deren Gitterspannung unter dem Einfluß des zu untersuchenden Stromkreises steht. Das auf dem Schirm der Kathodenstrahlröhre erscheinende Abbild der Spannungswelle hinkt dieser um eine geringe Zeitspanne nach, die sich aus der Zeit für eine Umdrehung des Kommutators berechnet, die noch mit dem Verhältnis der nicht unter den Bürsten befindlichen Lamellen zur Gesamtzahl der Lamellen des Kommutators zu multiplizieren ist. Bei Verwendung geeigneter Kupplungseinrichtungen zwischen der Kommutatoranordnung und dem Oszillographen kann zur Aufnahme auch ein Schleifenoszillograph benutzt werden. Werden mehr als nur eine Gruppe von drei Bürsten angeordnet, so lassen sich mehrere Aufnahmen gleichzeitig bewirken. Natürlich können auch mehrere Kommutatoren auf derselben Welle angebracht werden, wenn mehrere Aufnahmen gleichzeitig nötig sind. Um ein möglichst verzerrungsfreies Abbild der veränderlichen Spannung auf dem Schirm der Kathodenstrahlröhre zu erhalten, ist es wichtig, daß alle Zuleitungen zu der Kommutator-Schleifring-Anordnung, die auch als Verzögerungseinrichtung bezeichnet wird, sehr geringen Widerstand und geringe Induktivität haben. *O. N.*

1 Gleichrichter
2 Kommutator
3 Entladebürste
4 Kathodenstrahlröhre
5 Kamera
6 Schnellauslöser
7 Elektronenröhre
8 Belastung

Abb. 1. Eine Anordnung zur Aufzeichnung rasch veränderlicher elektrischer Vorgänge.

[1]) W. E. Pakala, Electr. Engng. 57 (1938) Trans. Sect., S. 682; 3 S., 4 Abb.

Lichtelektrisch ausgelöste Zähleinrichtungen für wattmetrische Elektrizitätszählerprüfungen.

Von Arthur Kuntze VDE, Düsseldorf.

DK 621.317.785.089.6 : 621.383

Übersicht. Nach einem Bericht über die bisher bekanntgewordenen lichtelektrischen Zähleinrichtungen für die wattmetrische Elektrizitätszählerprüfungen werden zwei neu entwickelte Geräte eingehend beschrieben, die mit Photozelle und Gleichstromverstärker bzw. Photoelement und gittergesteuerter Gasentladung arbeiten.

Bei dem für die Prüfung von Elektrizitätszählern meist verwendeten wattmetrischen Verfahren wird mit einer Stoppuhr die Zeit gemessen, die bei konstant gehaltener mit Wattmetern gemessener Belastung des Zählers für eine bestimmte Umdrehungszahl der Ankerscheibe benötigt wird. Aus der Abweichung der so gemessenen Zeit T_g von der für die vorgegebene Umdrehungszahl der Zähleranzeige entsprechenden Sollzeit T_s errechnet sich der Anzeigefehler F (in %) des Zählers nach der Formel:

$$F = \frac{T_g - T_s}{T_s} \cdot 100 \quad \text{in } \%.$$

Wird vorausgesetzt, daß die Belastung des Zählers während einer Meßperiode konstant bleibt und daß ihre Messung mit Präzisionswattmetern erfolgt, deren Eigenfehler bekannt sind und berücksichtigt wurden, dann ist die Genauigkeit der wattmetrischen Zählerprüfung durch die Fehler begrenzt, die beim Zählen der Ankerumdrehungen (genaue Beobachtung des Ankermarkendurchganges) sowie beim Einschalten der Uhr zu Beginn und beim Ausschalten der Uhr am Ende der gezählten Umdrehungen durch den Prüfer gemacht werden.

1 Zählerscheibe mit Marke
1a Zählergehäuse mit Glasscheibe
2 Prisma
3 Photozelle
4 Schirm
5 Beleuchtungseinrichtung
6 Hohlspiegel
7 zum Verstärker

Abb. 1. Lichtelektrisches Zählerprüfgerät nach G. Marchal.

Setzt man bei Verwendung einer Stoppuhr, die $^1/_5$ s abzulesen gestattet, den persönlichen Stoppfehler des Beobachters gleichfalls mit $^1/_5$ s in Rechnung, so benötigt man Zeiten der Größenordnung von 100 s für die Aufnahme eines Meßpunktes, um den Fehler der Zeitmessung sicher unter ½ % zu halten. Außerdem ist es dem Prüfer durch das Zählen der Umdrehungen erschwert, die Wattmeter ständig zu beobachten.

Aus diesen Gründen hat es nicht an Bemühungen gefehlt, Geräte zu schaffen, die den Prüfer von der Arbeit des Zählens der Ankerumdrehungen und der Zeitmessung entlasten. Die bekannt gewordenen Einrichtungen arbeiten entweder nach einem stroboskopischen Verfahren, für dessen vorteilhafte Anwendbarkeit die Festlegung der Anzahl der Ankerumdrehungen bei Nennlast auf einen bestimmten einheitlichen Wert wesentlich ist, oder sie verwenden eine lichtelektrische Zelle, in der ein von der Ankerscheibe reflektierter Lichtstrahl elektrische Impulse auslöst, die zur Betätigung von Relais ausgenutzt werden. Von der zuerst bei dem lichtelektrischen Prüfverfahren vorgenommenen Anbringung eines kleinen Spiegels[1]) an der umlaufenden Scheibe wurde wegen der notwendigen Änderung am Zähler bald wieder abgesehen und man ging dazu über, den Unterschied des Reflexionsvermögens des blanken Teils des Randes der Ankerscheibe und des mit einer farbigen Marke versehenen Teils auszunutzen. Der beim Durchgang der Marke durch den Lichtstrahl an der Photozelle hervorgerufene Helligkeitsunterschied ist gering im Vergleich zu den Lichtreflexen an der Glasscheibe im Zählergehäuse. Deshalb mußte die Glasscheibe bei der Prüfung des Zählers entfernt werden. Dieser

a Zähler *b* Photozellenrohr *c* Beleuchtungseinrichtung *d* Stoppuhr *e* Gleichstromverstärker

Abb. 2. Zählerprüfgerät mit Photozelle und Gleichstromverstärker.

Abb. 3. Schaltung des Zählerprüfgerätes mit Photozelle und Gleichstromverstärker.

[1]) H. Gewecke u. v. Krukowski, ETZ 39 (1918) S. 356.

Mangel wurde durch die Entwicklung besonderer Anordnungen der Lichtquelle und der Photozelle behoben.

Im lichtelektrischen Zählerprüfgerät von G. Marchal[2]) wird hierfür ein Prisma verwendet, das im Wege des einfallenden Lichtstrahles angeordnet ist (Abb. 1). Das von der Zählerscheibe reflektierte, seitlich am Prisma vorbeigehende Lichtstrahlenbündel trifft auf einen Hohlspiegel und wird auf die in dessen Brennpunkt angeordnete Photozelle zurückgeworfen. Der an der Glasscheibe des Zählergehäuses reflektierte Teil des Lichtbildes fällt wieder auf das Prisma zurück, ohne den Hohlspiegel und die Photozelle zu treffen.

Bei der von O. Nölke angegebenen Anordnung[3]) befindet sich die lichtelektrische Zelle in einem Brennpunkt eines ellipsoidförmigen Hohlspiegels. Der Rand der Zählerscheibe bewegt sich durch den zweiten Brennpunkt des Spiegels. Zur Beleuchtung dient eine verschiebbar angeordnete Glühlampe. Mittels dreier Linsensysteme und zweier verstellbarer Planspiegel werden drei Lichtstrahlenbündel ausgeblendet, die sich auf dem Rand der Zählerscheibe zu einem Lichtpunkt vereinigen.

D Unterbrecher R_2, R_3 Relais *K* Kontakt

Abb. 4. Schaltrelais für die lichtelektrischen Zählerprüfgeräte.

Das nachstehend beschriebene Gerät arbeitet gleichfalls mit einer Lichtquelle und einer Photozelle bzw. einem Photoelement, die dicht vor dem zu prüfenden Zähler angeordnet werden und voneinander unabhängig bewegt werden können (s. Abb. 2). Photozelle und Beleuchtungseinrichtung sind je in einem etwa 15 cm langen zylindrischen Rohr angeordnet. Die Optik besteht aus einer Sammellinse im Photozellenrohr und aus zwei Linsen zur Erzeugung eines punktförmigen Lichtflecks auf dem Rand der Zählerscheibe. Für den praktischen Gebrauch einer lichtelektrischen Zählerprüfeinrichtung ist es sehr wesentlich, daß die Anordnung der Lichtquelle und der Photozelle vor dem zu prüfenden Zähler schnell und sicher durchführbar ist. Bei dem beschriebenen Gerät sind hierfür etwa ein bis zwei Minuten erforderlich. Die von der Glasscheibe des Zählergehäuses herrührenden Lichtreflexe werden dadurch unwirksam, daß der auffallende Lichtstrahl einen Teil des Zählerscheibenrandes trifft, dessen Normalrichtung einen Winkel mit der Normalen der Glasscheibe bildet. Hierdurch entsteht zwischen dem an der Glasscheibe und dem am Zählerscheibenrad reflektierten Strahlenbündel ein Richtungsunterschied, so daß das erstere nicht mehr auf die Photozelle auffallen kann. Die Schaltung des Gerätes ist in Abb. 3 angegeben. Im Anodenkreis der Endstufe des Gleichstromverstärkers liegt das Relais R_3 für die Auslösung des Umdrehungszählers (Abb. 4).

Parallel zu dem Relais R_3 liegen ein Unterbrecher *D*, ein Vorwiderstand und ein Relais R_2 in Reihe. Ist der Unterbrecher *D* geschlossen, so setzt das Relais R_2 beim ersten Anodenstromstoß (Lichtstrahl fällt auf die Marke am Rand der Zählerscheibe) eine am Netz liegende Präzisionsstoppuhr mit elektrischer Auslösung mit $^1/_{10}$ s-Anzeige in Gang. Bei jeder Umdrehung der Zählerscheibe schreitet das Umdrehungszählwerk um einen Schritt zurück. Gleichzeitig mit der Zählung der letzten der vorher

a Beleuchtungseinrichtung *b* Photoelement
c Schaltrelais (Abb. 4) *d* Steuergerät (Abb. 6) *e* Stoppuhr

Abb. 5. Zählerprüfgerät mit Photoelement und gittergesteuerter Gasentladungsröhre.

beliebig zwischen 0 und 120 eingestellten Umdrehungen trifft ein am Zählwerk angebrachter Zapfen einen weiteren Kontakt *K*, durch den der Uhrstromkreis geschlossen und die Uhr angehalten wird. Bei Messung von Zeiten der Größenordnung von 100 s bleibt der Fehler der Zeitmessung unter 0,1 %.

Th Gasentladungsröhre
Ph Photozelle

Abb. 6. Schaltung des Zählerprüfgerätes mit Photoelement und gittergesteuertem Gasentladungsrohr.

Große Helligkeitsunterschiede am Meßplatz sind ohne Einfluß auf das sichere Arbeiten der Einrichtung. Als nachteilig erwies sich dagegen die Anwendung der für die Anpassung an den Gleichstromverstärker notwendigen hochohmigen Photozelle und der gleichfalls gegen Störungen empfindliche Gleichstromverstärker.

Aus diesem Grunde wurde die nachstehend beschriebene Anordnung entwickelt (Abb. 5), in der die Photozelle durch ein niederohmiges Photoelement und der Gleichstromverstärker sowie die hierfür notwendigen Netzanschlußgeräte durch eine gittergesteuerte Gasentladungsröhre ersetzt wurden. Die verwendete Schaltung ist in Abb. 6 dargestellt. Die am Photoelement *Ph* infolge der Helligkeitsunterschiede des vom Rand der Ankerscheibe reflektierten Lichtstrahlenbündels entstehenden Spannungen steuern das Gitter einer Gasentladungsröhre *Th* derart, daß bei jeder Umdrehung der Ankerscheibe die Gas-

[2]) G. Marchal, Un nouvel appareil pour l'étalonage automatique des Compteurs électriques. 2me Congrès National des Sciences, Bruxelles 1935.
[3]) O. Nölke, Arch. techn. Messen Z 733—3, Okt. 1936.

entladung dann zündet, wenn die farbige Marke des Randes vom auffallenden Lichtstrahlenbündel getroffen wird. Durch Verwendung einer Netzwechselspannung als Anodenspannung wird erreicht, daß die Entladung wieder aussetzt, wenn der blanke Teil des Ankerscheibenrandes vom auffallenden Lichtstrahl getroffen und das Gitter der Entladungsröhre wieder auf Sperrspannung aufgeladen wird. Die für die Schaltung des Umdrehungszählwerks und der Stoppuhr benötigten Relais liegen im Anodenstromkreis der Gasentladungsröhre. Zur Glättung der Stromimpulse ist ihnen ein Kondensator parallel geschaltet. Als Vorspannung für das Photoelement ist eine Taschenlampenbatterie vorteilhaft verwendbar. Durch das niederohmige Photoelement an Stelle der bisher verwendeten hochohmigen Photozelle ist die Störanfälligkeit der Einrichtung gegenüber der früheren verringert. Hierdurch und durch das gittergesteuerte Gasentladungsgefäß an Stelle des Gleichstromverstärkers ist auch die Schaltung vereinfacht.

Zusammenfassung.

Es wurden lichtelektrisch ausgelöste Zähleinrichtungen für wattmetrische Elektrizitätszählerprüfungen eingehend beschrieben, die vollkommen selbsttätig die Umdrehungen zählen und die für sie benötigte Zeitdauer messen, und die außerdem die an sie zu stellenden Forderungen bezüglich des einfaches Aufbaues und der leichten Einstellbarkeit erfüllen.

Polumschaltbare Motoren mit zwei getrennten Wicklungen als Korbwicklung.

Von H. Möller VDE, Berlin.

DK 621.313.333.045.59

Übersicht. Polumschaltbare Motoren mit gebrochenem Polzahlverhältnis werden im allgemeinen mit zwei getrennten Wicklungen ausgeführt. Diese Wicklungen liegen in den Nuten hintereinander und sind auch äußerlich als zwei getrennte Wicklungen zu erkennen. Bei einer Reihe von Polzahlverhältnissen kann eine andere Art der Herstellung angewandt werden, die in einer Verflechtung beider Wicklungen zu einer Korbwicklung besteht. Diese ist äußerlich nicht von einer einzigen gewöhnlichen Korbwicklung zu unterscheiden. Durch passende Wahl des Wickelschrittes erhält man bei gleicher Nutzahl nahezu die gleichen elektrischen Eigenschaften wie bei zwei getrennt angeordneten Wicklungen. Einige Ausführungsbeispiele werden beschrieben.

Die häufigste bei Asynchronmotoren angewandte polumschaltbare Wicklung ist die Wicklung mit Dahlanderschaltung[1]), welche es gestattet, zwei Drehzahlen, die sich wie 1 : 2 verhalten, mit einer einzigen Wicklung zu erzeugen. Für andere Drehzahlverhältnisse bestehen wohl auch Möglichkeiten, mit einer Wicklung auszukommen, doch ist durch die große Anzahl der Wicklungsenden, die an das Klemmbrett geführt werden müssen, ein Schalter erforderlich, dessen hoher Preis die Vorteile der Kunstschaltung wieder aufhebt. Man verwendet daher für solche Fälle im allgemeinen zwei getrennte Wicklungen.

Bei der Anwendung von zwei getrennten Wicklungen werden diese meistens mit Rücksicht auf Kurzschlußstrom und Überlastbarkeit so ausgeführt, daß die Wicklung mit der höheren Polzahl am Nutenfenster, die andere am Nutengrund liegt. Es gibt jedoch eine Möglichkeit, beide Wicklungen so ineinander zu verflechten, daß sie eine einzige Korbwicklung (Zweischichtwicklung) bilden. Bei fortlaufender Numerierung der Spulen gehören alle geraden Spulen zu einer Polzahl, alle ungeraden Spulen zur anderen Polzahl.

Der Vorteil einer solchen Wicklungsanordnung gegenüber zwei getrennt angeordneten Wicklungen besteht in einer Vereinfachung der Wicklung, denn eine einzige Zweischichtwicklung ist trotz der größeren Zahl der Schaltverbindungen in der Herstellung einfacher als zwei getrennte konzentrische Spulenwicklungen.

Eine solche Korbwicklung wird dadurch erreicht, daß der Wickelschritt beider Wicklungen einander angepaßt wird, indem man den Wickelschritt der Wicklung mit größerer Spulenweite verkleinert und denjenigen der Wicklung mit kleinerer Spulenweite vergrößert. Eine derartige Wicklung hat schon F. Punga in seinen Vorlesungen an der T. H. Darmstadt beschrieben; es handelt sich dabei um einen polumschaltbaren Motor mit zwei Zweischicht-Stabwicklungen, bei welchen in jeder Nut nicht vier Schichten, sondern nur zwei untergebracht waren, indem bei Verdoppelung der Nutenzahl die Unterlagen der Wicklungen in Nuten zwischen den Oberlagen verlegt wurden. Wie man später sieht, ist es jedoch nicht erforderlich, die Nutenzahl zu verdoppeln, sondern man kann auch schon bei gleicher Nutenzahl die gleichen elektrischen Eigenschaften — abgesehen vom schlechteren Wickelfaktor — erreichen wie bei zwei getrennt angeordneten Wicklungen. An und für sich ist die Wahl des Wickelschrittes in den Grenzen zwischen dem der größeren und kleineren Polzahl beliebig, doch ist es zweckmäßig, ihn so zu wählen, daß in jede Nut Spulenseiten beider Wicklungen kommen, um so eine gleichmäßige Verteilung der Wicklung und dadurch die beste Ausnutzung der Maschine zu erhalten.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36

——— 6polige Wicklung
— — — 4polige Wicklung

Abb. 1. Schema einer sechs- und vierpoligen Wicklung für 72 Nuten.

In Abb. 1 ist das Schema einer sechs- und vierpoligen Wicklung mit 72 Nuten dargestellt, und zwar ist in dieser wie auch in den übrigen Abbildungen nur die Hälfte der Wicklung gezeichnet, weil sich der Rest symmetrisch wiederholt. Die gestrichelten Spulen gehören zur vierpoligen, die ausgezogenen zur sechspoligen Wicklung, und zwar sind die drei Phasen verschieden stark gezeichnet.

Da sich die beiden Wicklungen auf die 72 Nuten gleichmäßig verteilen, so entfallen auf jede Wicklung 36 Nuten, und man hat sechspolig eine Zweiloch-, vierpolig eine Dreilochwicklung, die beide symmetrisch sind.

[1]) R. Dahlander, ETZ 18 (1897) S. 257.

Der volle Wickelschritt sechspolig wäre 1 : 13, vierpolig 1 : 19. Es wird hier ein mittlerer Wickelschritt 1 : 16 gewählt, so daß in jede Nut je eine Spulenseite der sechs-

Abb. 2a. Schema einer sechs- und vierpoligen Wicklung für 36 Nuten.

Abb. 2b. Treppenkurve der vierpoligen Wicklung.

poligen und der vierpoligen Wicklung kommt. Es könnte natürlich auch der Schritt 1 : 15 oder 1 : 17 gewählt werden. Es kämen dann in jede Nut Leiter der gleichen Wicklung, und da die beiden Wicklungen verschiedene Drahtzahlen haben können, so kann es dann vorkommen, daß eine Nut schlecht, die andere jedoch zu stark gefüllt ist. Diesen Nachteil vermeidet der Schritt 1 : 16. Der Schritt 1 : 16 hat aber noch einen großen Vorteil gegenüber den beiden anderen, der darin besteht, daß die Lochzahl in elektrischer Beziehung scheinbar verdoppelt wird. Man erhält also statt einer sechspoligen Zweiloch- elektrisch eine Vierlochwicklung, statt einer vierpoligen Dreiloch- elektrisch eine Sechslochwicklung, wie dies bei zwei getrennten Wicklungen der Fall ist. Der Vorteil besteht in gleichmäßigerem Aufbau der Treppenkurve bzw. Herabsetzung der Wickelfaktoren der höheren Harmonischen.

Die Schrittverkürzung bedingt natürlich auch eine Leistungsverminderung gegenüber der Ausführung mit getrennt angeordneten Wicklungen und vollem Schritt.

Abb. 4. Schema einer acht- und sechspoligen Wicklung für 72 Nuten.

Abb. 5. Schema einer acht- und sechspoligen Wicklung für 48 Nuten.

Der Wickelfaktor ist in obigem Beispiel sechspolig etwa 7,5 % (cos 22,5 °), vierpolig 3,5 % (cos 15 °) schlechter. Durch die Wahl einer anderen Schrittverkürzung kann man die eine Wicklung gegenüber der anderen bevorzugen. Ist z. B. die sechspolige Wicklung stärker ausgenutzt als die vierpolige, so wird man u. U. den Schritt 1 : 14 wählen, wodurch der Wickelfaktor sechspolig 1 %, vierpolig 9,5 % schlechter wird.

Bei kleineren Maschinen, bei welchen aus Raummangel 72 Nuten nicht untergebracht werden können, geht man zu 36 Nuten über (Abb. 2 u. 3). Auf jede Wicklung entfallen dann 18 Nuten, was sechspolig eine Einloch-, vierpolig einer Eineinhalblochwicklung entspricht. Der volle

Abb. 3a. Schema einer sechs- und vierpoligen Wicklung für 36 Nuten.

Abb. 3b. Treppenkurve der vierpoligen Wicklung.

Wickelschritt ist 1 : 7 bzw. 1 : 10; bei einem Wickelschritt von 1 : 8 erhält man elektrisch eine Zwei- bzw. Dreilochwicklung. Die vierpolige Wicklung kann auf verschiedene Weise ausgeführt werden; entweder man unterteilt jede zweite Lochspule der vierpoligen Wicklung in zwei Hälften (Abb. 2) oder man wählt eine Wicklung nach Abb. 3, die in der Herstellung billiger, aber elektrisch etwas ungünstiger ist. Die Treppenkurven beider vierpoligen Wickelarten sind für den Augenblick dargestellt, in welchem der Zeitstrahl gerade mit einer Phase zusammenfällt. Man erkennt bei Abb. 3 eine Einsattlung der Kurve, was jedoch für kleinere Motoren nicht zu sehr ins Gewicht fallen dürfte.

Abb. 6. Schema einer zehn- und achtpoligen Wicklung für 60 Nuten.

Die Wahl einer solchen Korbwicklung ist naturgemäß beschränkt auf Polzahlen, die nicht allzuweit auseinander liegen, z. B. 6 und 4, 8 und 6, 10 und 8, 12 und 10, 12 und 8 usw.

In Abb. 4 ist das Schema einer Wicklung für acht und sechs Pole bei 72 Nuten dargestellt. Man erhält achtpolig eine Eineinhalblochwicklung, welche ent-

sprechend Abb. 2 oder Abb. 3 ausgeführt werden kann; in Abb. 4 ist sie entsprechend der Abb. 3 dargestellt. Bei dem Schritt 1:10 erhält man elektrisch eine Zweiloch- bzw. Dreilochwicklung. Die Wickelfaktoren sind 0,96 und 0,89, also 0 bzw. 7,5 % schlechter als bei zwei getrennten Wicklungen. Der Wickelschritt ist hier so gewählt, daß die achtpolige Wicklung den vollen Schritt erhält.

Eine Wicklung für die gleichen Polzahlen, jedoch 48 Nuten ist in Abb. 5 dargestellt. Man erhält achtpolig eine ganz symmetrische Einlochwicklung, die durch den Schritt 1:8 elektrisch einer Zweilochwicklung gleichkommt. Dagegen wird die sechspolige Wicklung unsymmetrisch. Die Winkel zwischen den drei Phasen betragen nicht mehr 120 °, sondern 122,95 °, 122,95 ° und 114,1 °. Diese Unsymmetrie wird sich natürlich im Leerlaufstrom bemerkbar machen, welcher in den drei Phasen beträchtliche Unterschiede aufweisen kann. Durch diesen Mangel ist die Ausführung 8/6polig mit 48 Nuten auf kleine Maschinen beschränkt.

Zum Schluß sei noch für die Polzahlen 10 und 8 eine Wicklung mit 60 Nuten dargestellt (Abb. 6). Der Schritt ist 1:8; zehnpolig entspricht der Wicklung einer Einloch- (elektrisch Zweiloch-)Wicklung, achtpolig einer Eineinviertel- (elektrisch Zweieinhalbloch-) Wicklung.

Da beide Wicklungen, obwohl äußerlich zu einer einzigen verflochten, doch elektrisch vollkommen getrennt voneinander sind, so lassen sie sich genau wie zwei getrennt angeordnete Wicklungen sowohl in Stern als auch in Dreieck schalten. In letzterem Falle ist es wegen der unter gewissen Bedingungen[2]) auftretenden schädlichen Ausgleichströme erforderlich, daß das Dreieck der nicht benutzten Wicklung immer offen ist, so daß mindestens noch eine weitere Klemme am Klemmbrett benötigt wird. Auch kann jede Wicklung für Sterndreieck-Einschaltung vorgesehen werden, für welchen Fall natürlich zwölf Klemmen erforderlich sind.

Zusammenfassung.

Es wird eine Anordnung beschrieben, die es gestattet, zwei getrennte Wicklungen mit nahe beieinanderliegenden Polzahlen in einer einzigen Korbwicklung auszuführen, wodurch eine Verringerung der Herstellungskosten erzielt wird.

[2]) T. Schmitz, ETZ 55 (1934) S. 1024.

VDE 0410 „Regeln für Meßgeräte" und IEC-Publication 51 in Tafeln und Bildern.

Von P. M. Pflier VDE, Berlin.

DK 621.317.7.(083.133)

Übersicht. Die Arbeit setzt sich zum Ziel, die neuen VDE 0410/X. 1938 „Regeln für Meßgeräte" möglichst weitgehend und unter Vermeidung zusätzlichen Textes in Tafeln und Bildern darzustellen*) und mit der IEC-Publication 51, „Règles pour les appareils de mesure électriques indicateurs: ampèremètres, voltmètres et wattmètres monophasés" zu vergleichen.

Geltungsbereich.

VDE 0410 § 2. IEC-Publ. 51 Scope.

VDE	IEC
unmittelbare Messung elektrischer Größen.	—
anzeigende Meßgeräte schreibende Meßgeräte kontaktgebende Meßgeräte für Gleich- und Wechselstrom.	anzeigende Strom-, Spannungs- und Einphasen-Leistungsmesser für Gleich- und Wechselstrom.
Meßbereich: beliebig.	—
Frequenz: beliebig.	15 bis 60 Hz.
Meßwerk: beliebig.	Meßwerk: Drehspul. Dreheisen. elektrodynamisch. Induktion.

Ausnahmen:

1. Meßgeräte für nicht elektrische Größen (mechanische — wärmetechnische — optische — akustische und sonstige nicht elektrische Meßgrößen).
2. Meßgeräte für mittelbare Anzeige (Meßgeräte mit Verstärkern, Netzwerken u. dgl.).

Abb. 1.

Klasseneinteilung (Abb. 1).

VDE 0410 § 3. IEC-Publ. 51—7.

Bestimmungen:

Meßgeräte, welche allen Bedingungen ihrer Klasse entsprechen, erhalten ein Klassenzeichen.

*) ETZ 59 (1938) S. 481 u. 1211.

Meßgeräte und ihre Teile (Abb. 2).

VDE 0410 § 4. IEC-Publ. 51—

Abb. 2.

Bestimmungen:

Austauschbares Zubehör kann bei Meßgeräten gleichen Typs und gleichen Ursprungs ohne Beeinträchtigung der Meßgenauigkeit ausgetauscht werden.

Benennung der Meßgeräte und Sinnbilder für Meßgeräte.

VDE 0410 §§ 5 und 39. IEC-Publ. 51. Appendix Graphical symbols for use on instrument dials.

Bezeichnung und Begriffserklärung	Sinnbild
Drehspul-Meßgeräte mit Dauermagnet haben einen feststehenden Magnet und eine oder mehrere elektromagnetisch abgelenkte Drehspulen, sowie eine mechanische Richtkraft.	
Drehspul-Quotientenmesser haben einen feststehenden Magnet und mehrere elektromagnetisch abgelenkte Drehspulen; sie haben keine mechanische Richtkraft.	
Drehmagnet-Meßgeräte haben eine oder mehrere feste Spulen und mindestens einen beweglichen Magnet*).	
Dreheisen-Meßgeräte haben ein oder mehrere bewegliche Eisenstücke und eine oder mehrere feststehende Spulen; sie haben eine mechanische Richtkraft.	
Dreheisen-Quotientenmesser haben ein oder mehrere bewegliche Eisen und mehrere feststehende Spulen; sie haben keine mechanische Richtkraft.	

*) nicht festgelegtes Zeichen.

Bezeichnung und Begriffserklärung	Sinnbild
Elektrodynamische Meßgeräte haben feststehende und elektrodynamisch abgelenkte, bewegliche Spulen; sie haben eine mechanische Richtkraft.	
Eisenlose elektrodynamische Meßgeräte haben kein Eisen im Meßwerk.	
Eisengeschlossene elektrodynamische Meßgeräte enthalten im Meßwerk Eisen zwecks Steigerung des Drehmoments.	
Elektrodynamische Quotientenmesser haben feststehende und mehrere elektrodynamisch abgelenkte bewegliche Spulen ohne mechanische Richtkraft.	
Eisengeschlossene elektrodynamische Quotientenmesser haben feststehende und mehrere elektrodynamisch abgelenkte, bewegliche Spulen ohne mechanische Richtkraft. Sie enthalten im Meßwerk Eisen zwecks Steigerung des Drehmoments.	
Induktionsmeßgeräte sind Drehfeld-Meßgeräte mit festen Spulen und beweglichen Metalltrommeln oder Scheiben, in denen Induktionsströme fließen; sie haben eine mechanische Richtkraft.	
Induktionsquotientenmesser sind Drehfeld-Meßgeräte mit mehreren festen Spulen und beweglichen Metalltrommeln oder Scheiben, in denen Induktionsströme fließen; sie haben keine mechanische Richtkraft.	
Hitzdraht-Meßgeräte haben einen oder mehrere stromdurchflossene Leiter, deren mechanische Veränderungen auf das bewegliche Organ übertragen werden.	
Elektrostatische Meßgeräte haben feste und bewegliche Körper, zwischen denen elektrostatische Kräfte wirken.	
Vibrationsmeßgeräte haben schwingungsfähige Anzeigesysteme, deren Eigenfrequenz innerhalb des Meßbereiches liegt und die elektromagnetisch oder elektrostatisch erregt werden.	
Thermoumformer haben einen Heizdraht und ein Thermoelement, dessen EMK eine Funktion der Stromstärke im Heizdraht ist.	
Isolierte Thermoumformer sind Thermoumformer, bei denen das Thermoelement vom Heizdraht isoliert ist.	
Drehspul- oder Kreuzspul-Meßgeräte mit Thermoumformern sind eine Verbindung von Thermoumformern mit Drehspul- oder Kreuzspul-Meßgeräten und werden durch Vereinigung der entsprechenden Zeichen dargestellt.	
Meßgleichrichter sind Einrichtungen zur Umformung von Wechselstrom in einen Gleichstrom, wobei ein funktioneller Zusammenhang zwischen den Wechsel- und Gleichstromwerten besteht.	
Drehspul- oder Kreuzspul-Meßgeräte mit Gleichrichtern sind eine Verbindung von Gleichrichtern mit Drehspul- oder Kreuzspul-Meßgeräten und werden durch Vereinigung der entsprechenden Sinnbilder dargestellt.	
Eisenschirme werden zur Verringerung des Fremdfeldeinflusses an Meßgeräten angebracht und durch einen Kreis um das Meßwerk sinnbildlich dargestellt. Eisengehäuse gelten nicht als Eisenschirm.	
Das Prüfspannungszeichen wird auf die Meßgeräte-Skala nach bestandener Spannungsprüfung aufgedruckt und gibt an, mit welcher Spannung das Meßgerät geprüft wurde.	
Gleichstrom-Meßgerät	
Wechselstrom-Meßgerät für die Frequenz ν	
Gleich- und Wechselstrom-Meßgerät	
Drehstrom-Meßgerät für die Frequenz ν	
a mit 1 Meßwerk	a
b mit 2 Meßwerken	b
c mit 3 Meßwerken	c

Lagezeichen.

VDE 0410 §§ 6 u. 39. IEC-Publ. 51—.

1. Meßgeräte ohne Lagezeichen sind in allen Lagen verwendbar.
2. Meßgeräte mit Lagezeichen halten die Klassenbestimmungen nur in der Gebrauchslage ein.
3. Lagezeichen:
   - senkrechte Gebrauchslage
   - waagerechte Gebrauchslage
   - schräge Gebrauchslage, Winkel zwischen der Waagerechten und der Skala α^0

Skala (Abb. 3).

VDE 0410 § 8. IEC-Publ. 51—9.

a Skalenlänge mm.
b Meßbereich.
c Anzeigebereich.
• Beginn und Ende des Meßbereichs.

Abb. 3.

Bestimmungen:

IEC: $c - b \leqq 0{,}25 \cdot a$.

Ausnahmen:

VDE: Bei Mehrquadranten-Leistungsfaktormessern bezieht sich die Skalenlänge auf einen Quadranten.

Abb. 4.

Zeigernullstellung (Abb. 4).

VDE 0410 § 17. IEC-Publ. 51—2.

Betriebsspannung U_b	Ausführung der Nullstellung
$U_b \leq 650$ V	gefahrlose Betätigung Pflicht
$U_b > 650$ V	gefahrlose Betätigung oder Warnungsschild

Sinnbild für die Nullstellung:

Überlastbarkeit.

VDE 0410 § 19. IEC-Publ. 51—3.

Art des Meßgeräts		Dauerbelastung der Strom- und Spannungspfade in % vom Nennwert oder Meßbereich-Endwert, Klasse 0,2	0,5	1,0	1,5	2,5
Strommesser u. Spannungsmesser	VDE	100	100	120	120	120
	IEC	100	100	100	100	100
Leistungsmesser	VDE und IEC	120	120	120	120	120
Leistungsfaktormesser und Frequenzmesser	VDE	120	120	120	120	120

Bestimmungen:

1. Prüfdauer zwei Stunden.
2. Gültig für Meßgerät und Zubehör.
3. Nach Abkühlung Einhaltung aller Klassenbestimmungen.

Ausnahmen:

Meßgeräte mit nicht feststellbarem Schalter.

Überlastprüfung.
VDE 0410 § 20. IEC-Publ. 51—14.

Art des Meßwerks	Klasse				
	0,2	0,5	1,0	1,5	2,5
Strommesser	$2 \cdot I_n$	$2 \cdot I_n$	$10 \cdot I_n$	$10 \cdot I_n$	$10 \cdot I_n$
Spannungsmesser	$2 \cdot E_n$	$2 \cdot E_n$	$2 \cdot E_n$	$2 \cdot E_n$	$2 \cdot E_n$
Leistungsmesser	$2 \cdot I_n$ $1 \cdot E_n$ $\cos\varphi = 1$	$2 \cdot I_n$ $1 \cdot E_n$ $\cos\varphi = 1$	$10 \cdot I_n$ $1 \cdot E_n$ $\cos\varphi = 1$	$10 \cdot I_n$ $1 \cdot E_n$ $\cos\varphi = 1$	$10 \cdot I_n$ $1 \cdot E_n$ $\cos\varphi = 1$
Zahl der Überlastungen	5	5	10	10	10
Abstand der Überlastungen	15 s	15 s	60 s	60 s	60 s
Dauer der Überlastungen	so, daß der Zeiger den Endanschlag trifft		9 · 0,5 s 1 · 5 s	9 · 0,5 s 1 · 5 s	9 · 0,5 s 1 · 5 s
Zusatzprüfung für Leistungsmesser nach mind. 1 min Pause	$1 \cdot I_n$ $2 \cdot E_n$ $\cos\varphi = 1$	$1 \cdot I_n$ $2 \cdot E_n$ $\cos\varphi = 1$	$1 \cdot I_n$ $2 \cdot E_n$ $\cos\varphi = 1$	$1 \cdot I_n$ $2 \cdot E_n$ $\cos\varphi = 1$	$1 \cdot I_n$ $2 \cdot E_n$ $\cos\varphi = 1$
Dauer	5 s	5 s	5 s	5 s	5 s

Bestimmungen:

1. Stromkreis praktisch induktionsfrei.
2. Einmalige Prüfung.
3. Nullpunktabweichung nach Überlastung ≦ 0,5 % der Skalenlänge.
4. Nach Nulleinstellung Erfüllung sämtlicher Klassenbedingungen.

Ausnahmen:

Thermische, elektrostatische, Gleichrichter-Meßgeräte, Thermoumformer und schreibende Meßgeräte.

Abb. 5.

Dämpfung (Abb. 5).
VDE 0410 § 21. IEC-Publ. 51—5.

Bestimmungen:

1. Prüfwert gleich ⅔ Meßbereichendwert.
2. Zahl der Überschwingungen: beliebig.
3. Messung der Überschwingungen in Skalenwerten.
4. Typenprüfung.

Ausnahmen:

1. Skalenlänge > 150 mm.
2. Zeigerlänge > 150 mm.
3. Thermische Meßgeräte.
4. Vibrationsmeßgeräte.
5. Meßgeräte mit Bandaufhängung.

Spannungsprüfung (Abb. 6).
VDE 0410 § 22. IEC-Publ. 51—6.

Bestimmungen:

1. Prüfdauer: 1 min.
2. Spannungsverlauf: praktisch sinusförmig.
3. Frequenz: 15 bis 60 Hz.
4. Ausführung:

I. Prüfung gegen das Gehäuse.

A. Metallgehäuse: Stückprüfung zwischen den verbundenen Strom- und Spannungspfaden und dem Gehäuse sowie allen äußeren Metallteilen.

Abb. 6.

B. Isolierstoffgehäuse:

a) Typenprüfung: zwischen den verbundenen Strom- und Spannungspfaden und einer allseitigen Umkleidung aus Metallfolie, welche von den Klemmen 2 cm Abstand hat.

b) Stückprüfung: zwischen den verbundenen Strom- und Spannungspfaden und allen miteinander verbundenen äußeren Metallteilen einschl. der Nullstellung und der Befestigungsteile.

II. Prüfung zwischen getrennten Stromkreisen.

A. Zwischen den getrennten Stromkreisen mit derselben Prüfspannung wie gegen Gehäuse.

B. Zwischen den nicht dauernd verbundenen Strom- und Spannungspfaden von Leistungs- und Leistungsfaktormessern mit 500 V.

5. Hochspannungspfeil: Meßgeräte, welche die vorgeschriebene Prüfspannung nicht aushalten, bekommen einen Hochspannungspfeil.
6. Prüfspannungszeichen: Meßgeräte, welche die Prüfung bestanden haben, bekommen ein Prüfspannungszeichen.

Abb. 7.

Mindestkriechstrecken (Abb. 7).
VDE 0410 § 23. IEC-Publ. 51—.

Fehlergrenzen (Abb. 8).
VDE 0410 §§ 14 und 24. IEC-Publ. 51—8.

Bestimmungen:

Die Größe des Anzeigefehlers wird angegeben bei Meßgeräten

1. mit einseitigem Meßbereich: in % vom Meßbereichendwert,
2. deren Meßbereich beiderseits vom Nullpunkt liegt: in % der Summe der Meßbereichendwerte,
3. mit mechanisch unterdrücktem Nullpunkt: in % vom Meßbereichendwert,
4. ohne mechanische Richtkraft: in % der dem Meßbereich entsprechenden Skalenlänge.

Abb. 8.

Bedingungen für die Einhaltung der Fehlergrenzen.

1. Temperatur: 20 ± 1° oder Bezugstemperatur.
2. Gebrauchslage: nach Lagezeichen oder, wenn keins vorhanden ist, in senkrechter und waagerechter Lage.
3. Kurvenform bei Wechselstrom: praktisch sinusförmig.
4. Frequenz: Nennfrequenz oder, wenn keine angegeben ist, 15 bis 60 Hz.
5. Bei Leistungs-, Leistungsfaktor-, Frequenz- und Quotientenmessern: Nennspannung.
6. Bei Leistungsmessern: $\cos \varphi = 1$.
7. Bei Leistungsfaktormessern: 20 bis 100 % des Nennstromes.
8. Fehlertafeln dürfen bei der Bestimmung der Klassengenauigkeit nicht berücksichtigt werden.

Klasse	0,2 / 0,5 / 1,0	1,5 / 2,5
9. Fremdfelder	ausgeschaltet. Drehspulmeßgeräte in gekennzeichneter Nord - Süd - Richtung aufstellen, sofern ein Nord - Süd - Pfeil vorhanden ist	ausgeschaltet.
10. Strommesser und Spannungsmesser	kurz- oder langdauernde Einschaltung	1 Std. mit 80 % des Meßbereich-Endwertes vorbelasten.
11. Leistungsmesser	kurz- oder langdauernde Einschaltung des Spannungspfades mit Nennspannung, sowie kurz- oder langdauernde Einschaltung des Strompfades	1 Std. mit 100 % Nennspannung und 80 % Nennstrom vorbelasten.
12. Leistungsfaktormesser	—	1 Std. mit 100 % Nennspannung und 80 % Nennstrom vorbelasten.

Temperatur-, Frequenz- und Spannungseinfluß (Abb. 9).

VDE 0410 §§ 9, 10, 13, 25, 26, 27. IEC-Publ. 51—10, 11.

Bestimmungen:

1. Änderung der Raumtemperatur um ± 10° gegenüber der Bezugstemperatur oder gegenüber 20°.

a Meßgeräte mit mechanischer Richtkraft

b Meßgeräte ohne mechanische Richtkraft

Abb. 9.

2. Änderung der Frequenz gegenüber der Nennfrequenz um ± 10 % oder innerhalb des Nennfrequenzbereichs.
3. Änderung der Spannung gegenüber der Nennspannung um ± 20 % oder innerhalb des Nennspannungsbereichs.

Ausnahmen:

1. Bei Meßgeräten der Klasse 0,2 ohne Frequenzangabe darf der Frequenzeinfluß von 15 bis 60 Hz ± 0,1 % nicht überschreiten.
2. In IEC-Publ. 51 ist kein Spannungseinfluß festgelegt.

Abb. 10.

Fremdfeldeinfluß (Abb. 10).

VDE 0410 § 28. IEC-Publ. 51—12.

Bestimmungen:

1. Fremdfeld von 5 Gauß: gleicher Stromart, gleicher Frequenz, ungünstigster Phasenlage und ungünstigster räumlicher Lage.
2. Prüfung bei ⅔ vom Skalenendwert.
3. Bei Leistungsmessern Prüfung bei: Nennspannung, ⅔ Nennstrom, $\cos \varphi = 1$.
4. Bei Meßgeräten ohne mechanische Richtkraft bezieht sich der Fremdfeldeinfluß auf die dem Meßbereich entsprechende Skalenlänge.

Einfluß des Leistungsfaktors und der Lage (Abb. 11).
VDE 0410 §§ 29, 30. IEC-Publ. 51—13.

A. Einfluß des Leistungsfaktors bei Leistungsmessern:

Bestimmungen:

1. Nennstrom, Nennspannung, Phasenverschiebung 90° induktiv.

Abb. 11.

2. Bei Klasse 0,2 und 0,5 außerdem Unterschied zwischen:

a) Nennstrom, Nennspannung, $\cos \varphi = 0{,}5$ induktiv und

b) 0,5 Nennstrom, Nennspannung, $\cos \varphi = 1$.

B. Lagerfehler:

1. Bei Neigung um ± 5° aus der Gebrauchslage.
2. Bei Instrumenten ohne Lagezeichen zwischen senkrechter und waagerechter Lage der Skala.
3. In IEC-Publ. 51 ist kein Lagefehler angegeben.

Abb. 12.

Fehlergrenzen für Neben- und Vorwiderstände (Abb. 12).
VDE 0410 § 31. IEC-Publ. 51—15.

Bestimmungen:

1. Nur für austauschbare Widerstände.
2. Belastung 0 bis 100 %.
3. Raumtemperatur + 10° bis + 30°.

Ein Entladungsrohr für 3 Mill V.

DK 537.543-77

Die Erfahrungen mit Vakuumröhren für Betriebsspannungen über 300 kV zeigen die Notwendigkeit, die Röhre mehrfach zu unterteilen, in der Weise, daß die Betriebsspannungsdifferenz zwischen den einzelnen Hilfselektroden 250 kV nicht übersteigt. Es war ferner nötig, ein Rohr zu entwerfen in der Form einer Säule, die nur auf der Grundfläche ruht, da irgendwelche Zwischenstützen eine unerwünschte Spannungsverteilung bewirken oder auch kleine Erschütterungen, die vom Generator herrühren, auf die Röhre übertragen können. Zwischen zwei Isolierstoffsäulen aus Hartpapier, die im Innern die Erregungsanlage des schon beschriebenen Van-de-Graaff-Hochspannungsgenerators[1]) tragen, befindet sich das Entladungsrohr[2]). Die freistehende Säule, die aus 17 einzelnen, untereinander austauschbaren Porzellanelementen besteht, besitzt eine Höhe von 11 m. Jedes Porzellanelement hat einen inneren Durchmesser von 24 cm bei einer Wandstärke von 2,5 cm. Die Höhe des Zylinders wurde durch Bearbeitung auf 50 cm gehalten, die innere Wand ist glasiert. An beiden Enden tragen die Porzellanglieder Metallflansche, die mit Bleiglätte und Glyzerin aufgekittet sind. Damit die Säule senkrecht genau steht, wurde dafür gesorgt, daß die Metallflanschen nach dem Aufkitten genau planparallel und senkrecht zur Mittelachse des Porzellanrohres standen. Die Elektroden in den Porzellangliedern sollen erstens eine fokussierende Wirkung haben, zweitens die Porzellanwand gegen Ionenbombardement schützen und die Spannung längs der Röhre vergleichmäßigen. Auf Grund von Voruntersuchungen wurden in allen Porzellankörpern gleiche, nahtlose Kupferrohre mit abgerundeten Enden benutzt. Um beim Aufbau der Röhre die einzelnen Abschnitte auf Vakuumdichtheit prüfen zu können, wurde ein besonderes Ventil mit einem lichten Rohrdurchmesser von 150 mm entwickelt. Das Ventil ist in Abb. 1 wiedergegeben. Es beruht darauf, daß eine ebene Fläche von etwa 200 mm Durchmesser auf das zu dichtende Rohr gepreßt wird. Für die Verbindung der Metallflanschen untereinander wurden besondere Dichtungen mit Hilfe von einer Wachs-Harz-Mischung entwickelt, mittels deren auch die auf das Porzellan aufgekitteten Metallflanschen gegen das Porzellan abgedichtet sind. Die Verwendung des Gemisches erweist sich, da es bei 60 Grad bereits schmilzt, fest an Metall und Porzellan haftet, als günstiger als das schwer erweichbare Picein. Der Aufbau des ganzen Rohres dauerte etwa zwei Monate. Mit Hilfe der beschriebenen Ventile ist es möglich, die Pumpen vom System zu trennen und die einzelnen Abschnitte auf Dichtheit mit Hilfe der Änderung des Druckes in

a	Metallzylinder	f	Ansatz zum Kniehebel
b	Führungsschiene für Verschlußplatte	g	Kniehebel
c	Schraubspindel zum Verschieben der Dichtung	h	Zapfenlager
d	Führung des Kniehebels	k	Stahlspindel
e	Dichtungsplatte	l	Federkörper
		m	Handrad

Abb. 1. Hochvakuumventil.

Abhängigkeit von der Zeit zu prüfen. Das eindringende Gasvolumen, bezogen auf Atmosphärendruck je Stunde, ergibt sich als $Q = \frac{\Delta p\, v}{760\, t}$, wobei Δp die Druckänderung, v das Volumen des Rohres in cm³ und t die Zeit bedeuten. Bei der Zusammensetzung von zwei Elementen des Rohres galt ein Eindringen von höchstens 0,1 cm³ je Stunde, bezogen auf 760 Torr nachdem das Rohr eine Stunde ausgepumpt war, als Maßstab für die Brauchbarkeit. Das Rohr wird mit zwei Öldiffusionspumpen betrieben. Die Vakuumleitung von der Röhre zu den Pumpen beträgt 4 m und besteht aus Metallröhren von 270 mm Durchmesser. Mit den beiden Pumpen kann das Rohr mit einem Volumen von 1000 l einschließlich Zuleitungen von einem Druck von 0,1 Torr auf einen Druck von 10^{-6} Torr in 40 bis 50 min gepumpt werden. Ein wichtiges Kennzeichen einer Entladungsröhre ist das Verhältnis des Stromes, der an der Anode gemessen wird, zu dem Strom, der von der Elektronenquelle emittiert wird. Durch geeignete Wahl der Spannung und der Elektronenquelle wird ein Verhältnis von etwa 60% erreicht. *Ptf.*

[1]) ETZ 60 (1939) H. 6, S. 174.
[2]) K. Sikelnikov, A. Walther, A. Taranov, V. Petrikhov und V. Gunnemak. Techn. Physics (ukrainisch) 5 (1938) H. 7, S. 481.

Leitsätze für Hartpapier und Hartgewebe.

VDE-Ausschuß für Isolierstoffe.

VDE 0318

Entwurf.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Einspruchsfrist: 5. Juni 1939.

1. Änderung zu VDE 0318/II. 38.

DK 621.315.614.6/.7(083.133.1)

§ 2.

Geltungsbereich.

Der erste Satz des 2. Absatzes erhält folgende Fassung: „Sie gelten allgemein für unbearbeitete Körper aus Hartpapier, die mit Kunstharz als Bindemittel hergestellt sind, und für unbearbeitete Körper aus Hartgewebe, die mit Kunstharz und Baumwolle oder Zellwolle hergestellt sind (siehe § 3).

§ 4.

Gruppen, Grenzwerte.

Die Gruppen 5 und 6 erhalten folgende Bezeichnungen:

„5. Hartgewebe-Platten, Klasse G_B (grobfädig, höchstens zwei Gewebelagen je Millimeter Dicke, Baumwolle).

6. Hartgewebe-Platten, Klasse F_B (feinfädig, mehr als zwei Gewebelagen je Millimeter Dicke, Baumwolle)."

Danach werden zwei neue Gruppen 7 und 8 mit folgenden Bezeichnungen eingeführt:

„7. Hartgewebe-Platten, Klasse G_Z (grobfädig, höchstens zwei Gewebelagen je Millimeter Dicke, Zellwolle).

8. Hartgewebe-Platten, Klasse F_Z (feinfädig, mehr als zwei Gewebelagen je Millimeter Dicke, Zellwolle)".

Die folgenden Gruppenzahlen werden um jeweils zwei Gruppenzahlen erhöht. Der letzte Satz des § 4 erhält dementsprechend die Fassung:

„Die Grenzwerte und Prüfwerte dieser 14 Gruppen sind in Tafel I zusammengestellt."

In Tafel I werden entsprechend den vorstehenden Änderungen die Klassenbezeichnungen unter 5 und 6 in G_B und F_B geändert, danach folgen die beiden neuen Gruppen 7 und 8 mit folgenden Werten:

Die folgenden Gruppenzahlen werden entsprechend erhöht.

Ferner wird unter Gruppe 5 „Hartgewebeplatten Klasse G_B" in der senkrechten Spalte 20 für die Wasseraufnahme an Stelle des bisher nicht angegebenen Wertes ein solcher von 3% (für 3 mm Dicke) eingesetzt.

Tafel I. Eigenschaften und Prüfwerte von Hartpapier und Hartgewebe.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		§ 11	§ 12		§ 13	§ 14	§ 15	§ 16	§ 17		§ 18		§ 19				§ 20	§ 21	§ 22
Gruppe nach § 4	Art des Hartpapiers oder Hartgewebes	Raumgewicht (bei Platten Höchstwert, sonst Mindestwert)	Biegefestigkeit σ_{bB}		Schlagbiegefestigkeit a	Zugfestigkeit σ_{zB}	Druckfestigkeit σ_{dB}	Spaltbarkeit	Oberflächenwiderstand		Widerstand im Innern		Durchschlag-Prüfspannung parallel zu den Schichten		Durchschlag-Prüfspannung senkrecht zu den Schichten (nach Abb. 6, hier angegeben für 3 mm Dicke)		Dielektr. Verlustfaktor tg δ (bei 800 Per/s)	Wärmebeständigkeit	Wasseraufnahme (nach Abb. 7, hier angegeben für 3 mm Dicke)
			unbearbeitet	abgearbeitet					nach Vorbeh. a	nach Vorbeh. b	nach Vorbeh. a	nach Vorbeh. b	bei 20°	bei 90°	bei 20°	bei 90°		Temperatur	
			mind.	mind.	mind.	mind.	mind.	mind.	mind.	mind.	mind.	mind.					höchst.		höchst.
		kg/dm³	kg/cm²	kg/cm²	cmkg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	kg	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ	kV	kV	kV	kV		°C	%
1																			
7	Hartgewebe-Platten Kl. G_Z	< 1,42	1000	800	30†	500	1800	300	10^6	10^4	10^5	10^3	—	—	—	—	0,1	130†††	3
8	Hartgewebe-Platten Kl. F_Z	< 1,42	1000	800	25††	500	1800	250	10^6	10^4	10^5	10^3	—	—	—	—	0,1	130†††	3

† Kerbzähigkeit a_k senkrecht zu den Schichten (nach § 13a) mind. 18 cm kg/cm².
†† Kerbzähigkeit a_k senkrecht zu den Schichten (nach § 13a) mind. 15 cm kg/cm².
††† Wärmefestigkeit nach Martens (nach Abschnitt A 4 von VDE 0302/1924) mind. 110° C.

§ 8.

Versuchsstücke.

In den Erläuterungen zu Abbildung 3 werden die Angaben G überall in G_B und G_Z und die Angaben F in F_B und F_Z geändert.

§ 13a.

Kerbzähigkeit.

(Wird neu aufgenommen.)

Die Kerbzähigkeit ist an fünf Versuchsstücken nach § 13 zu bestimmen, in die durch Sägen, Fräsen oder dergleichen ein ungefähr 2 mm breiter ⊔-Kerb in der Mitte einer der 15 mm breiten Flächen quer, d. h. senkrecht zur Stabachse, einzuarbeiten ist. Die Kerbtiefe ist so zu wählen, daß der Restquerschnitt nicht über 1 cm² beträgt, d. h. die Kerbtiefe bei 10 mm dicken Versuchsstücken rd. 3,3 mm ist. Der Kerbgrund soll möglichst keine Abrundungen aufweisen; der höchstzulässige Abrundungsradius muß unter 0,2 mm bleiben.

Die Versuchsstücke werden mittels eines 150 cmkg-Pendelschlagwerkes nach § 13 bei 20 ± 5° geschlagen, wobei der Kerb der Schlagfinne abgewandt ist. Zu beachten ist hierbei, daß die Kerbmitte genau in der Mittelebene des schlagenden Pendels liegen muß.

Die Kerbzähigkeit ist als Schlagarbeit bezogen auf den Restquerschnitt in cmkg/cm² anzugeben.

§ 22.

Wasseraufnahme.

Der Hinweis auf Klasse F in Abbildung 7 und die Angabe F in der Abbildung selbst werden in G_B, G_Z, F_B und F_Z geändert.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.315.21.027.3.004.64 : 31

Hochspannungskabelfehler-Statistik 1937. [Nach W. Zimmermann, Elektrizitätswirtsch. 37 (1938) S. 936; 6½ S., 7 Abb.]

Die Statistik 1937 umfaßt wie in den voraufgegangenen Jahren Kabelnetze mit Betriebsspannungen von 15 kV und darüber und ist wiederum für Gürtelkabel und Strahlungsschutzkabel getrennt durchgeführt. Auch die bisherige Unterteilung nach Fehlerursache (äußerer, innerer und unbekannter Art) und der Fehlerstelle (Kabel, Muffen, Endverschlüsse) ist beibehalten worden. Neben der zahlenmäßigen Erfassung der Fehler werden erstmalig auf Grund eingehender Erhebungen auch Mitteilungen über den Fehlerbefund gegeben. Im Berichtsjahr 1937 hat die Gesamtlänge des in Betrieb befindlichen Kabelnetzes um 363 km oder 4,7% (gegenüber 8,3% 1936) auf insgesamt 7993 km zugenommen. Von den 363 km, die im Berichtsjahr zusätzlich in Betrieb genommen wurden, sind 268 km neu verlegte Kabel und 95 km bereits früher verlegte Kabelstrecken. Von der neu verlegten Kabelstrecke entfallen etwa $^4/_5$ auf Strahlungsschutzkabel und $^1/_5$ auf Gürtelkabel, so daß sich das Verhältnis in der Anwendung beider Kabelarten von 3 : 1 im Jahre 1936 auf 5 : 1 im Jahre 1937 zugunsten der Strahlungskabel erhöht hat. Der Anteil der Aluminiumkabel an der neu verlegten Kabelstrecke betrug 85% (75%[1]). Die Gesamtlänge des Aluminiumkabelnetzes beträgt jetzt 856 km oder 10,7% des Gesamtkabelnetzes. Die Fehlerhäufigkeit der Kabel insgesamt für alle Spannungsbereiche von 15 kV und darüber hat sich im Jahre 1937 auf 1,25 Fehler je 100 km (0,75) erhöht, wobei auf innere Ursache etwa 0,25 Fehler (0,35) und auf äußere und unbekannte Ursache 1,0 Fehler (0,4) entfallen. Diese Zunahme der Kabelfehlerhäufigkeit ist also in erster Linie auf Fehler aus äußerer Ursache zurückzuführen, von denen Gürtel- und Strahlungsschutzkabel etwa gleichmäßig betroffen wurden. Fehler aus innerer Ursache haben sich bei den Gürtelkabeln erhöht, dagegen bei den Strahlungsschutzkabeln wesentlich vermindert, so daß insgesamt eine etwas geringere Fehlerhäufigkeit aus innerer Ursache zu verzeichnen war. Bei den Muffen hat sich die Fehlerhäufigkeit ungefähr auf der Höhe des Vorjahres gehalten. Die Fehlerhäufigkeit der Endverschlüsse zeigte dagegen weiter eine fallende Tendenz. Für die gesamte Kabelstrecke, also: Kabel, Muffen und Endverschlüsse zusammen ergab sich für das Jahr 1937 eine Fehlerhäufigkeit von 2,5 Fehlern je 100 km (2,0). Die Zunahme der Störanfälligkeit entfällt ausschließlich auf das Gürtelkabelnetz mit 2,8 Fehlern je 100 km, während das Strahlungsschutzkabelnetz mit 2,2 Fehlern je 100 km denselben Wert wie 1936 aufweist. Erfreulich ist, daß die Fehlerhäufigkeit des Aluminiumkabelnetzes insgesamt von 3,6 Fehlern je 100 km im Jahre 1936 auf 2,7 Fehler je 100 km im Jahre 1937 gesunken ist. Dieser Rückgang ist auf eine beträchtliche Verringerung der Muffen- und Endverschlußfehler zurückzuführen, während die Kabel selbst eine Verschlechterung aufweisen. Für 93% der insgesamt gemeldeten Fehler wurden Störungsbefundmeldungen abgegeben, aus deren Zusammenfassung einige wichtige Hinweise gegeben werden. Von den äußeren Kabelfehlern sind mehr als die Hälfte durch Unachtsamkeit bei fremden Arbeiten in der Nähe der Kabel entstanden. Es verlohnt sich also, der Verhinderung von Fehlern aus Unachtsamkeit bei fremden Arbeiten z. B. durch Verbesserung des Verlegungsschutzes oder z. B. durch bessere Kennzeichnung der Kabeltrasse besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Von den Muffenfehlern sind diejenigen äußerer Art teils auf Verlegungs- und Montagefehler, teils auf Bergschäden, diejenigen innerer Art zu $^2/_3$ auf Montagefehler und $^1/_3$ auf elektrische Überbeanspruchungen zurückzuführen. Bei den Endverschlüssen sind mehr als ¾ der gemeldeten Fehler äußerer Art auf atmosphärische Überspannungen, die Fehler innerer Art überwiegend auf Montagefehler zurückzuführen. *v. M.*

[1]) Zahlen in runden Klammern sind die Werte für das Vorjahr.

Geräte und Stromrichter.

DK 621.316.923.1

Eine neue Hochleistungs-Sicherung. [Nach D. C. Prince u. E. A. Williams jr., Electr. Engng. 58 (1939) Trans. Sect., S. 11; $7^1/_3$ S., 10 Abb.]

Die neue, in Abb. 1 dargestellte Schmelzsicherung besteht aus einem oder mehreren nebeneinander geschalteten Drähten aus Reinsilber, die auf einem mit Längsrippen versehenen, stabförmigen Trägerkörper aus einem keramischen Sonderwerkstoff aufgewunden sind, der den Temperaturen des Lichtbogens gewachsen ist. Die Enden des Schmelzdrahtes sind mit kupfernen Verbindungsstreifen verschweißt, die ihrerseits an eiserne Abschlußkappen angeschweißt sind. Die Sicherung ist von einem mit den Abschlußkappen verschmolzenen Rohr aus Pyrexglas ummantelt und der verbleibende Zwischenraum ist mit feinen Quarzkörnern ausgefüllt, die auf eine kurze Strecke in der Mitte von der Berührung mit den Schmelzdrähten durch eine Anzahl hochfeuerfester, röhrenförmiger, keramischer Abstandhalter ferngehalten werden. Durch eine Längsbohrung des keramischen Schmelzdrahtträgers ist ein mit dem oberen kupfernen Verbindungsstreifen verschweißter Draht hindurchgeführt, der am unteren Ende in einer Kammer endet, die mit einem gasentwickelnden, chemischen Mittel gefüllt und durch ein

1 Verbindungsstreifen
2 gerippter, keramischer Schmelzdrahtträger
3 Abstandhalter
4 Schmelzdrähte
5 isolierende Durchführung
6 Isolierscheibe
7 Kennmarke vor dem Schmelzen der Sicherung
8, 14 Kenndraht
9 obere Eisenkappe
10 Metall-Glas-Verschmelzung
11 Sicherungsrohr
12 Quarzkörner
13 untere Eisenkappe
15 gaserzeugendes chemisches Mittel
16 Kennmarke nach dem Schmelzen der Sicherung

Abb. 1. Aufbau der neuen Hochleistungs-Sicherung.

dünnes, nach innen gebogenes, als Kennmarke dienendes Kupferplättchen abgeschlossen ist, das sich beim Durchbrennen der Sicherung nach außen wölbt. Beim Verdampfen der Silberdrähte tritt Silberdampf aus dem Pfad des Lichtbogens zwischen die Quarzkörner und schlägt sich auf diesen unter Abkühlung nieder, wobei die Stromleitung durch den Silberdampf unterbrochen wird. Der Lichtbogen beschränkt sich dann auf den engen, vorher durch die Silberdrähte gefüllten Raum. Es tritt dabei auch eine außerordentlich rasche Abkühlung des Lichtbogens durch die Quarzkörner und dessen Unterbrechung ein. Sofern dabei das Durchschmelzen der Silberdrähte erfolgt, bevor der abzuschaltende Kurzschlußstrom seinen ersten Scheitelwert erreicht hat, wird der Strom rasch auf einen erheblich unter dem Schmelzstrom der Sicherung liegenden Wert abgesenkt, worauf die Unterbrechung im Nulldurchgang des Stromes und der Spannung geräuschlos und ohne Auspuffen von Gasen oder Metallteilen aus der völlig geschlossenen Sicherung vor sich geht. Mit schwachen Strömen, bei denen der erste Scheitelwert des Kurzschlußstromes vor dem Schmelzen der Sicherungsdrähte erreicht wird, brennen diese gegen die Enden zu ab, so daß in diesem Falle der Lichtbogen bis zu seiner Unterbrechung mehrere Halbwellen hindurch bestehen bleibt. Die Quarzkörner werden während des Stehenbleibens des Lichtbogens zu gut isolierenden Blitzröhren zusammengeschmolzen. Durch das

hierdurch bedingte plötzliche Einschalten eines hohen Isolationswiderstandes in den Sicherungsstromkreis wird eine u. a. von der Größe des Schmelzstromes abhängige Überspannung hervorgerufen, deren Spitzenwert jedoch weit unter den zulässigen Grenzen liegt. Die Unterteilung in mehrere Schmelzdrähte ermöglicht nicht nur eine Verringerung der Stromdichte in jeden einzelnem Lichtbogenpfad, sondern auch eine stufenförmige und beschleunigte Unterbrechung bei schwachen Strömen. Hunderte von Versuchen in Stromkreisen von 2,5 bis 23 kV haben die Zuverlässigkeit der neuen Sicherung erwiesen, die auch in eng geschlossenen Räumen, z. B. metallgekapselten Geräten verwendet werden kann. Die Auswahl der durch die Sicherung zu schützenden Anlageteile kann statt wie bisher üblich nach den Kurzschlußstromstärken der ungeschützten Stromkreise nach den viel geringeren Schmelzstromstärken der Sicherung getroffen werden. *O. N.*

DK 621.319.3

Bemerkungen über elektrostatische Maschinen. [Nach W. Kossel, Z. Phys. 111 (1938) S. 263; 16½ S., 9 Abb.]

Der Aufsatz behandelt an Hand von Beobachtungen im Danziger Physikalischen Institut einige grundsätzliche Fragen des Arbeitens elektrostatischer Maschinen. Die benutzten Versuchsdaten sind von H. Conradt, H. Cuno, G. Haß, F. Heise, U. Neubert, W. Scheibe beobachtet.

1. Systematik. Der Grundvorgang besteht im mechanischen Transport von Elektrizitätsmengen auf Körper, die bereits im gleichen Sinn geladen sind. Zu dieser Bewegung gegen das „Hauptfeld" wird die eigentliche Leistung der Maschine erfordert. Daneben besteht die Aufgabe, die durch das Hauptfeld zu führenden Transportflächen (Scheiben, Bänder) zu laden. Dies kann entweder mittels des Hauptfeldes geschehen wie in den klassischen Influenzmaschinen, die demnach als Hauptfeldmaschinen zu bezeichnen sind, oder durch Hilfsvorgänge, wie Reibung — klassische Reibungselektrisiermaschine —, Aufsprühen aus einem Gleichrichtersatz — van de Graaffs Bandmaschine — oder Influenz in Hilfsfeldern. Die Hauptfeldmaschinen haben die Nachteile, daß die Erregung vom Hauptfeld abhängt, was zu Rückwirkungen aus der Verbraucherleitung auf die Erregung führen kann, und vor allem, daß das Hauptfeld durch den leitenden „Ausgleicher" überquert werden muß, von dessen Enden die abzutransportierenden Ladungen auf die bewegten Flächen gesprüht werden. Solcher Kurzschlußbügel quer durch das Hauptfeld schädigt das Erreichen hoher Spannung.

Bei den Nebenfeldmaschinen dient vor allem ein im Institut in mehreren Exemplaren gebauter Typ als Beispiel, der die Erregung ganz ins Innere des als Faradaykäfig wirkenden Hochspannungskörpers verlegt. Dort läuft das Transportband über eine isolierende Walze, wird an ihr zunächst durch Reibung erregt. Die Werkstoffe bestimmen das Vorzeichen — worauf die Erregung durch Influenzvorgänge in diesem im Hochspannungskörper befindlichen Hilfsfeld weiter gesteigert wird. Die Stromstärke ist daher vom Hauptfeld unabhängig; sie bleibt von Erdung des Hochspannungskörpers bis zum Einsetzen der Sprühverluste an ihm gleich. Der Aufbau entspricht im übrigen der van de Graaff-Anordnung, ist aber vereinfacht durch das Wegfallen des zur Besprühung des Bandes dienenden Gleichrichtersatzes von etwa 20 kV.

Die beiden mit entgegengesetzten Ladungen nebeneinander auf- und absteigenden Hälften des Bandes bilden einen Kondensator. Zur idealen Lösung des Transportproblems ist erwünscht, daß dessen Flächendichte möglichst hoch, sein Streufeld möglichst niedrig ist. Das Beste wären also aufeinander gleitende Bänder, womit zugleich das Dielektrikum des Kondensators zum Festkörper wird. Überraschenderweise ist die Reibung zwischen Gummibändern so gering, daß sich das ausführen läßt.

2. Stromstärke. Beide für die Leistung der Maschine maßgebenden Faktoren werden durch die Durchschlagfestigkeit des umgebenden Materials begrenzt, sowohl die auf dem Hochspannungskörper erreichbare Spannung als auch die für die Stromstärke maßgebende Flächendichte auf dem Transportorgan. Rechnet man auch für die letztere mit der Durchbruchfeldstärke der atmosphärischen Luft, so ergibt sich als praktische Regel, daß in einer Maschine, in der F m² der Transportfläche in der Sekunde den Hochspannungskörper passieren, ein Strom von 53 F µA die obere Grenze bildet. Praktisch spielen sich gut gebaute Maschinen der verschiedensten Typen auf 60 bis 75% dieses Grenzwertes, bei dem die Ladung bereits frei von der Fläche wegsprühen müßte, hinauf, wobei die altbekannte Maschine mit vielen Glasplatten von Toepler-Leuner mit am günstigsten dasteht. Verlegt man Transportorgan und Ladefelder in einen Druckkörper, während der Hochspannungskörper außen aufgesetzt wird, so steigt die Stromstärke, der Durchbruchfeldstärke folgend, proportional dem Druck[1]).

3. Raumbedarf. Auf die Frage, wie groß eine Kugel sein muß, um in einem gegebenen Außenraum möglichst hoch aufgeladen werden zu können, erhält man, wenn der Außenraum ebenfalls als Kugel idealisiert wird, rechnerisch leicht die Antwort, daß der Innenradius gleich dem halben Außenradius sein soll. Diese Regel kann auch gut zur quantitativen Orientierung dienen. In den vorhandenen Laboratoriumsräumen von 3,65 m Höhe mußte bei der größten ausgeführten Maschine der Kugelmittelpunkt der Decke auf 1,20 m genähert werden. Behandelt man dies in der genannten Regel als Außenradius, so ergibt sich als optimaler Durchmesser der Hochspannungskugel $r_i = 60$ cm, als Überschlagspannung dafür 900 kV. Die ausgeführte Kugel hatte $r_i = 52{,}5$ cm, die Maschine erreichte 750 kV, der vorhandene Raum war also praktisch vollständig ausgenutzt.

4. Die Gefahr von Störungen der glatten Oberfläche des Hochspannungskörpers, die die erreichbare Spannung herabsetzen könnten, interessiert sowohl aus Baugründen (Nietköpfe, gebördelte Blechränder, Netzeinsätze), als auch wegen der im Betrieb leicht auftretenden Anziehung von Fasern, die aufgerichtet an der Oberfläche sitzen bleiben und Spannungsverlust oder weitreichende Überschläge veranlassen. Praktisch zeigt sich, daß kleine hervorragende Teile wenig zu fürchten sind, und außer einfachen theoretischen Überlegungen ergeben Versuche, bei denen aus sehr großen Elektroden Drähte vorgeschoben werden (W. Scheibe), daß bei gleicher Höhe dickere Körperchen gefährlicher sind als dünnere: der beim Vorrücken der Drähte sogleich eintretende Abfall der Überschlagspannung ist um so flacher, je dünner der Draht. Er geht zunächst, bei einer Dicke des Drahtes d von 1 mm, monoton herunter und verwandelt sich mit fallendem Durchmesser stetig in einen Ablauf, bei dem schließlich ($d = 10^{-2}$ bis $2 \cdot 10^{-3}$ mm) die Spannung beim Vorschieben der Spitze zunächst fast unberührt bleibt, um bei einer kritischen Länge von 3 bis 4 mm schnell auf die gewohnte Glimmspannung langer Spitzen herabzugehen. *Vb.*

[1]) U. Neubert, Z. Phys. 110 (1938) S. 334.

DK 621.318.2.001.24

Berechnung von Dauermagneten. [Nach W. Breitling, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 617; 6½ S., 11 Abb.]

Der Bewertung von Dauermagnetstählen wird gewöhnlich die Euershed'sche Güteziffer $(\mathfrak{B}\mathfrak{H})_{max}$ zugrunde gelegt, d. h. Länge und Querschnitt des fertigen Magneten werden so bemessen, daß das Produkt $(\mathfrak{B}\mathfrak{H})$ entlang der Entmagnetisierungskurve am größten wird. Streng genommen ist diese Berechnung jedoch nur für solche Vorgänge sinnvoll, bei denen der Arbeitspunkt, wie beispielsweise bei permanent-dynamischen Lautsprechersystemen, wirklich auf der Entmagnetisierungskurve bleibt (remanent magnetische Vorgänge.) Viel häufiger sind jedoch die Fälle, bei denen durch den Einbau die Magnetisierung geändert wird, der Arbeitspunkt des Magneten also auf einer von der eigentlichen Hystereseschleife abzweigenden „permanenten" Zustandskurve liegt, deren Neigung durch die reversible Permeabilität μ_{rev} gegeben ist und deren Verlängerung auf der Abszissenachse eine eingeprägte Feldstärke $\mathfrak{H}_e$ abschneidet. Es wird rechnerisch gezeigt, daß für alle derartigen „permanent magnetischen Vorgänge" die maximale Energiedichte im Außenraum bestimmt ist durch eine Kenngröße proportional $\mu_{rev}\,\mathfrak{H}_e^2$. Der erste Faktor hängt dabei im wesentlichen vom Werkstoff ab, während $\mathfrak{H}_e$ auch durch die magnetische Vorgeschichte bedingt ist und durch Behandlung (Stabilisierungsfeldstärke) und Konstruktion verändert werden kann. Da μ_{rev} bei den neuen Magnetstählen wesentlich niedrigere Werte hat als bei den alten — die erreichbaren $\mathfrak{H}_e$-Werte sind größer — so folgt auch beispielsweise, daß die größte Energiedichte bei Alnistahl nur das 4,2fache der von Chromstahl sein kann, während nach den Werten für die Güteziffer die mögliche „Verbesserung" das 6,8fache wäre. Einige weitere Folgerungen und Gesichtspunkte für die Anordnung von Magnetsystemen werden dargelegt. *Kmn.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.727.027.7

Widerstands-Meßteiler für hohe Stoßspannungen. [Nach W. Raske, Arch. techn. Messen., Lfg. 90 (1938) T. 166; 4 S., 6 Abb.]

Der Verfasser behandelt die Anforderungen, die für das einwandfreie Arbeiten von Widerstands-Spannungsteilern fur hohe Stoßspannungen gestellt werden müssen: Durch Einbau

eines derartigen Spannungsteilers in eine Stoßanlage darf sich an dem bisherigen Stoßvorgang nichts ändern. Ferner soll das Übersetzungsverhältnis des Spannungsteilers unabhängig von Frequenz, Spannungshöhe, Polarität usw. konstant sein.

Die einzelnen Fehlermöglichkeiten beim Widerstands-Spannungsteiler, die das Meßergebnis fälschen können, werden dann erläutert. Diese Fehlereinflüsse können klein gehalten werden, wenn man aus der Erkenntnis dieser Fehlereinflüsse die vorhandenen Möglichkeiten ausschöpft. Für normale Stoßprüfanlagen und die übliche VDE-Prüfwelle lassen sich jedenfalls einwandfreie Widerstands-Spannungsteiler bauen, bei denen auch die für eine einwandfreie Spannungsteilung gefährliche Stoßstirn noch mit einem zulässig kleinen Fehler abgebildet werden kann.

Als Ursache für Meßfehler ist besonders die Kapazität des angeschlossenen Meßgerätes, z. B. also die Kapazität der Ablenkplatten des Kathodenstrahloszillographen, zu nennen, welche einen Nebenschluß zu dem parallel liegenden Teil des Spannungsteilers darstellt. Das Übersetzungsverhältnis steigt daher mit steigender Frequenz. Zur Geringhaltung dieses Fehlereinflusses muß also die Kapazität derartiger Ablenkplatten möglichst klein gehalten werden.

Ein weiterer Fehlereinfluß besteht in der Erdkapazität des Spannungsteilers. Neben der auch von anderen Verfassern angegebenen kapazitiven Steuerung des elektrischen Feldes am Widerstand, z. B. durch große Schirmplatten, empfiehlt Raske die Einhüllung des eigentlichen Widerstandes durch einen weiteren Widerstand mit gleichem Potentialverlauf.

Zu bemerken ist noch, daß der Gesamtwiderstand des Spannungsteilers ebenfalls klein gehalten werden soll, um die Zeitkonstante der Anordnung klein zu halten. In vielen Fällen ist es daher zweckmäßig, den Endwiderstand der Stoßanlage gleichzeitig als Spannungsteiler-Widerstand zu benutzen, weil bei einer großen Verminderung des Widerstandswertes des Spannungsteilers der Nebenschluß zum Endwiderstand und damit die Veränderung der ursprünglichen Stoßwelle immer merklicher wird.

Der Verfasser behandelt dann auch noch den Widerstands-Spannungsteiler mit Verzögerungskabel. Die Arbeit zeigt deutlich, ebenso wie dies bereits in einem anderen Aufsatz des Verfassers[1]) zum Ausdruck kommt, daß zum einwandfreien Arbeiten eines Widerstands-Spannungsteilers die Kapazität des Meßgerätes einschließlich der Zuleitungen und der Gesamtwiderstand klein gehalten werden müssen. In Ergänzung des Schrifttumsverzeichnisses sei auch noch auf eine Arbeit aus neuester Zeit über Kapazitäts-Widerstands-Spannungsteiler[2]) verwiesen. *N. Lb.*

DK 621.317.39 : 531.71

Elektrische Messung kleiner Längenunterschiede. [Nach E. Froböse und K. Schönbacher, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 5, S. 341; 5 S., 9 Abb.]

Die genaue Messung kleinster Toleranzen, eine in der heutigen Fertigung wichtige Frage, kann vorteilhaft auf elektrischem Wege durchgeführt werden. Durch die zu messenden Toleranzen wird dabei die Lage des Ankers eines Spulensystems bestimmt. Die Veränderung der Selbstinduktion dieser Spulen ermöglicht es, die Toleranzen in direkt ablesbare Zeigerausschläge umzusetzen. Die bei der Entwicklung des Gerätes sich ergebenden Fragen werden behandelt. Insbesondere wird die Wirkungsweise der Brücken- und der Gleichrichterschaltung gezeigt. Ferner wird das Kreisdiagramm für die Meßspulen abgeleitet und es werden Betrachtungen über die Linearität der Skalenteilung angestellt. Zum Schluß folgt die Beschreibung der Ausführungsform eines derartigen Meßgerätes.

Lichttechnik.

DK 535.7 : 621.327.3/.4

Spektrale Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges. [Nach P. Jainski, Licht 8 (1938) S. 245; 2½ S., 5 Abb.]

P. Jainski hat den Verlauf der spektralen Hellempfindlichkeitskurve an 60 farbtüchtigen Versuchspersonen durch flimmerphotometrischen Vergleich bestimmt. Die Photometerfeldgröße betrug 1,2°, die Gesichtsfeldleuchtdichte 200 bis 800 asb. Die Mittelwertkurve aller Beobachter weist eine Verschiebung ihres Maximums ($\lambda = 565$ mμ) gegenüber dem der IBK-Kurve um 10 mμ nach dem langwelligen Gebiet auf. Die Ergebnisse sind in guter Übereinstimmung mit den neueren Untersuchungen von Arndt[1]), Rieck und Dresler[2]). So wurde für das Empfindlichkeitsverhältnis $V_{578} : V_{546}$ (gelbe und grüne Hg-Linien) der Wert 1,045 erhalten (Arndt und Rieck: 1,035), für $V_{589} : V_{546}$ (Na-Linie und grüne Hg-Linie) der Wert 0,937 (Dresler: 0,940). Auch die von Fedorov und Fedorova[3]) nach dem Kleinstufenverfahren gemessenen Werte liegen innerhalb des Streubereichs der neuen Kurven. Um den evtl. Einfluß der Mitwirkung der Stäbchen bei der Helligkeitsbewertung zu untersuchen, wurden außerdem mit drei farbtüchtigen Beobachtern Messungen mit Photometerfeldgrößen von 1,2°, 2° und 6° bei Gesichtsfeldleuchtdichten von 200 bis 800 asb durchgeführt. Hierbei fallen die Kurven bei 1,2° und 2° Durchmesser ungefähr zusammen, während sich die Kurve für 6° praktisch mit der IBK-Kurve deckt. Bei kleineren Leuchtdichten ist jedoch auch schon zwischen den Kurven für 1,2° und 2° ein Unterschied zu erwarten, wie der Verfasser an einer Gegenüberstellung der s. Z. als Unterlage für die IBK-Kurve dienenden Untersuchungsergebnisse von Ives, Coblentz und Emerson nachweist. Jainski kommt auf Grund dieser Tatbestände zu dem Schluß, daß die von Ives aufgestellten Photometerbedingungen (2° Gesichtsfeld, mindestens 28 lx auf dem Photometerschirm) nicht die Gewähr für eine eindeutige spektrale Hellempfindlichkeit geben, so daß unter diesen Bedingungen bei heterochromen photometrischen Messungen keine eindeutigen Ergebnisse zu erwarten sind. Da beim 6°-Feld die IBK-Kurve praktisch reproduziert werden konnte, hat es den Anschein, daß s. Z. bei den Messungen zur Festlegung dieser Kurve keine eindeutigen Meßbedingungen vorgelegen haben. Wenn demnach auch die neue Festlegung einer einwandfreien spektralen Hellempfindlichkeitskurve zweckmäßig wäre, so scheinen anderseits verschiedene Untersuchungsergebnisse aus jüngster Zeit darauf hinzuweisen, daß der Verlauf der Kurve noch von einer ganzen Reihe anderer noch wenig erforschter Faktoren beeinflußt wird, so daß vollkommen eindeutige physiologische Bedingungen vielleicht überhaupt nicht erwartet werden dürfen. *Frh.*

Elektrowärme.

DK 621.365.4 : 621.785.5

Ein neues Ölzementationsverfahren im Elektroofen. [Nach A. J. G. Smith, Elektrowärme 8 (1938) S. 308; 2 S., 3 Abb.]

Schon seit über 50 Jahren ist die Tatsache bekannt, daß die Aufkohlung durch die Umwälzung von Kohlenwasserstoffgasen durch die Charge erfolgen kann. Das Verfahren hat sich erst praktisch bewährt durch die Entwicklung des neuzeitlichen elektrischen Ofens. In einen Ofen, ähnlich gebaut wie ein Schacht- oder Tiegelofen, taucht eine Retorte aus Chromnickelguß. Diese Retorte wird durch den Deckel gasdicht abgeschlossen. Auf dem Deckel befindet sich ein Motor, der einen Lüfter in der Retorte betreibt. Das Ganze befindet sich in dem elektrischen Ofen. Das Einsatzgut wird in einem durchlochten Korb in die Retorte eingebracht. Mit dem Öl (Carbonöl) wird nun die Zementation durchgeführt.

Über Einsatztiefe und Behandlungsdauer gibt die Zahlentafel 1 Auskunft.

Zahlentafel 1

Einsatztiefe	Behandl.-Temp. 910°	Behandl.-Temp. 940°	Behandl.-Temp. 965°
0,5 mm	1 h	45 min	30 min
0,75 „	1 h 45 min	1 h 30 min	1 h
1,0 „	2 h 30 min	2 h	1 h 45 min

Die Abkühlung kann je nach dem gewünschten Erzeugnis verschiedenartig durchgeführt werden.

Die Öfen werden in 6 verschiedenen Größen hergestellt, der kleinste Ofen hat einen Nutzraumdurchmesser von 240 mm, eine Tiefe von 470 mm und einen Anschlußwert von 16 kW. Der Durchmesser des größten Ofens beträgt 600 mm bei 1200 mm Tiefe und einem Anschlußwert von 105 kW.

Die Retorte hat eine Lebensdauer von 3500 h, die Einsatzkörbe eine solche von 1500 h. Der Carbonölverbrauch je Tonne Stahl ist mit 6,8 l angegeben. Der Preis beträgt 1,10 RM/l. Eine Zahlentafel zeigt Aufzeichnungen über 5 Chargen unter verschiedenen Arbeitsbedingungen; es seien folgende interessante Zahlen daraus erwähnt: Bei den drei ersten Chargen wird ein Verbrauch von 60 bzw. 81 bzw. 67 kWh/100 kg Material benötigt bei einer Einsatztiefe von 1,1 mm, bei der vierten Charge 200 kWh/100 kg. Bei diesem Versuch war der

[1]) W. Raske, Arch. Elektrotechn. 31 (1937) S. 653.
[2]) R. Elsner, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 1, S. 23.

[1]) ETZ 57 (1936) S. 589.
[2]) ETZ 58 (1937) S. 1012.
[3]) ETZ 58 (1937) S. 44.

Ofen beim Einsetzen vollkommen kalt. Bei der fünften Charge 106 kWh/100 kg; die beiden letzten Werte bei einer Einsatztiefe von 1,6 mm. Der Ofen arbeitet mit einer Temperatur von 935°, der Leerwert beträgt zwischen 6,7 und 8,7 kWh/h. Die Zementationszeit beträgt bei den ersten drei Chargen 3 h, bei der vierten 4, bei der fünften 4½ h. *Kps.*

DK 621.365.4 : 644.1 : 629.12

Elektrische Heizung von Schiffen. [Nach H. Camden MacEwan, Electrician 121 (1938) S. 661; 1¼ S.]

Die Praxis hat gezeigt, daß die elektrische Heizung von Schiffsräumen meist billiger ist als andere Beheizungsarten, da Kabel einfacher verlegt werden können als Rohre. Es wird darauf hingewiesen, daß bereits seit 30 Jahren zum Beispiel am Motorschiff „Olympic" sich elektrische Heizeinrichtungen von 750 kW Heizleistung gut bewährt haben. Bei der Planung solcher Heizanlagen muß auf besonders übersichtliche Verlegung der Kabel und Anordnung der Schalter Rücksicht genommen werden. *Mö.*

Verkehrstechnik.

DK 620.2 : 625.23

Die Grundlagen des Leichtbaues von Eisenbahnwagen. [Nach O. Taschinger, Org. Fortschr. Eisenbahnw. 94 (1939) S. 1; 11 S., 11 Abb.]

Mit Ausnahme des Luftwiderstandes sind alle Fahrwiderstände, die Beschleunigungs- und Verzögerungsarbeit vom Zuggewicht abhängig. Eine Gewichtsverminderung um 20% würde beim Vorortverkehr etwa 19%, beim Fernverkehr mit hohen Geschwindigkeiten nur 7% Leistungsgewinn bedeuten, weil im letzteren Fall der Luftwiderstand eine große Rolle spielt. Da der Bremsklotzverschleiß bei der Reichsbahn jährlich etwa 15 000 t Eisen beträgt, wäre auch hier die Ersparnis durch Gewichtsverminderung nicht unbedeutend. Ein leichter Zug kann schneller seine Höchstgeschwindigkeit erreichen, was auch im Fernverkehr bei unvermeidlichen Geschwindigkeitsermäßigungen durch Gleisbögen, Ausbesserungsstellen oder Steigungen zu einer Erhöhung der Reisegeschwindigkeit führt. Weil die schwingenden Massen beim Leichtbau kleiner werden, lassen sich die Laufeigenschaften der Wagen verbessern. Es ist also nicht nur die Rohstoffersparnis, die zum Leichtbau führt, wie ja auch daraus hervorgeht, daß ausgesprochen rohstoffreiche Länder hierzu übergehen. Die Gewichtsverminderung darf nicht auf Kosten der Bequemlichkeit der Reisenden, etwa durch Platzbeschränkung, oder gar durch Verringerung der Sicherheit durchgeführt werden. Bei Unfällen muß der Wagenkasten seine Form im wesentlichen beibehalten, auftretende Kräfte müssen sich gleichmäßig auf alle Bauteile verteilen. Die beim Schweißen[1]) mögliche Vermeidung von Überlappungen ist für den Rostschutzanstrich und die Korrosionsbeständigkeit günstig. Auf den großen Einfluß der veränderlichen Nutzlast bei der Leichtbauweise muß bei der Federung geachtet werden. Auch die Verwendung von Leichtmetallen oder Kunstharzstoffen für nichttragende Bauteile, wie Türen, Inneneinrichtung, Beschläge, Handgriffe, Schutzrohre für Notbremsleinen oder Lichtleitungen und Heizkörperverkleidungen, tragen zur Gewichtsverminderung bei. Man hat erkannt, daß geschweißte Stumpfstöße eine zuverlässige Verbindung darstellen, und kann daher auf alle Überlappungen verzichten. Bei durch Schweißung hergestellten Blechträgern hat man weitgehende Freiheit in der Form und Blechstärke und kann die Träger den auftretenden Beanspruchungen genau anpassen und durch Ausrundungen an den Ecken eine allmähliche Umleitung der Kraftflüsse erzielen. Bei den geschlossenen Wagenkästen der Personen- und gedeckten Güterwagen können die Seitenbleche nicht nur das Fachwerk der Wände diagonalsteif machen, sondern auch zum Tragen herangezogen werden und die Längsträger des Untergestells entlasten. Zur Vermeidung großer Blechstärken verwendet man Bleche mit eingepreßten Sicken, die gleichzeitig bei Wärmespannungen und Durchbiegungen der Einspannrahmen ausgleichend wirken. Fenster- und Türöffnungen werden mit gut abgerundeten Ecken aus den Blechen ausgeschnitten. Zur Sicherung gegen Knickung werden die aus Blech profilierten Längsträger durch einen Bodenbelag aus gewelltem Blech verbunden, dadurch werden Diagonalstreben im Untergestell überflüssig. Auch das Wagendach wird wieder aus Blechen mit in Wagenlängsachse verlaufenden Sicken aufgebaut. An den Enden der so aus vier schubsteifen Wänden bestehenden Röhre werden Stahlblechquerwände eingefügt, die den Wagenkasten nun auch verdrehungssteif machen, was bei Gleisunebenheiten erforderlich ist. Stähle mit kleinem Kohlenstoffgehalt, z.B.St. 37, eignen sich besonders gut zum Schweißen, über Versuche mit Hydronalium und Elektron für die Seitenbleche kann noch kein endgültiges Urteil abgegeben werden. Für den ruhigen Lauf der Wagen muß das ungefederte Gewicht der Radsätze möglichst klein sein. Man verwendet Hohlwellen bei elektrischen Triebwagen und vermindert die Wandstärke der Radscheiben durch Anwendung hochwertiger Baustoffe. Bei den Radreifen hat sich noch keine Gewichtsverminderung ermöglichen lassen, da bei härterem Baustoff die Schienenabnutzung zu groß würde. Die aus einem Stück gewalzten Vollräder ohne besondere Radreifen haben sich noch nicht voll bewährt. Die Deutsche Reichsbahn macht Versuche mit mehreren Wagen in Leichtbauweise, und es ist zu erwarten, daß bei ihrer Bewährung reihenmäßige Herstellung der Leichtbauwagen eingeführt werden kann, wodurch die bisher noch hohen Kosten erheblich gesenkt werden könnten. *Dtt.*

[1]) S. a. nächsten Bericht.

DK 621.791.7 : 625.23/24

Die Bedeutung der Schweißtechnik für die Weiterentwicklung des Fahrzeugbaus. [Nach G. Mauerer, Elektroschweiß. 10 (1939) S. 2; 5 S., 10 Abb.]

Bei den Güter- und Personenwagen, die immer in größerer Zahl hergestellt werden, bietet die Schweißung in Verbindung mit der Leichtbauweise[1]) die Möglichkeit, Reihenfertigung anzuwenden und große Gewichtsersparnisse zu erzielen. Durch den Übergang zur Schweißung wurden bisher bei gedeckten Güterwagen 4,2%, bei offenen Güterwagen 8,3% und bei vierachsigen Personenwagen 10,2% an Stahlgewicht gegenüber der genieteten Bauweise gespart. Durch grundlegende Änderungen der Bauweise können aber ohne Einbuße an Festigkeit und Sicherheit noch weitere Gewichtsersparnisse erzielt werden, wie an einer wirklich schweißgerechten Bauweise für das Untergestell eines Güterwagens gezeigt wird. Die Hauptlängsträger liegen hier außen und die Pufferstoßkräfte werden durch Kopfstücke aus geschweißten Blechträgern auf sie übertragen. Die Achshalter sind ebenfalls als Blechträgerkonstruktion für sich herstellbar. Das ganze Untergestell besteht so aus sieben Einzelteilen, nämlich zwei Kopfstücken, zwei Längsträgern, zwei Achshaltern mit Querträgern und einem Profilgerüst. Man spart die großen Heft- und Zusammenbaustände, weil alle Teile mit kleinen Vorrichtungen für sich fertiggestellt werden können. Diese Bauweise ergibt am Untergestell etwa 15 bis 20% oder 500 kg Gewichtsersparnis, das sind bei etwa 10 000 Neubauten jährlich 5000 t Baustahl. Bei der Wiederinstandsetzung können beschädigte Teile abgeschnitten und neue stumpf angeschweißt werden. Teile, die oft beschädigt werden und leicht auswechselbar sein müssen, z. B. Fußtritte, Handgriffe, Laternenstützen usw., werden besser angenietet. Bei Personenwagen kann auch für die Wagenkästen die Schweißung mit Vorteil angewendet werden. Alle bei Nietungen durch das Überlappen unvermeidlichen Werkstoffhäufungen lassen sich dabei vermeiden, wenn man dazu übergeht, senkrecht aufeinander stoßende Bleche oder Träger ohne Überlappung hochkant zusammenschweißen. An Untergestell und Wagenkasten zusammen lassen sich bei Personenwagen Ersparnisse bis zu 30% des Stahlgewichtes erzielen. Bei elektrischen Lokomotiven wurde das je PS aufgewendete Gewicht von 31,2 kg bei der in genieteter Bauweise ausgeführten E 17 auf 24,4 kg/PS bei der geschweißten E 19 herabgesetzt. Die Elektroschweißung erst hat im Fahrzeugbau die Leichtbauweise ermöglicht, sie erfordert aber ganz neue Bauweisen, um die durch die Schweißung erzielbaren Vereinfachungen voll auszunutzen. *Dtt.*

Elektrische Antriebe.

DK 621.34 : 621.941.232

Elektrische Ausrüstung schnellaufender Revolverdrehbänke. [Nach A. Schleicher, Werkstattstechnik 33 (1939) S. 35; 2½ S., 5 Abb.]

Die beschriebene Schnellauf-Revolverdrehbank mit einer Spindelbohrung von 47 mm (Abb. 2) dient hauptsächlich zur Herstellung von Teilen aus Leichtmetallen, Messing und ähnlichen Werkstoffen. Bei dem Entwurf der elektrischen Ausrüstung für diese Maschine mußte besonders auf leichte Bedienbarkeit Rücksicht genommen werden. Hierbei wurde eine elektrische Bremseinrichtung mit Gegenstrom für Momentbedienung vorgesehen. Die Maschine hat Druckknopfschaltung, die so ausgeführt ist, daß ein selbsttätiges Anlaufen beim Durchdrehen der Spindel von Hand nicht erfolgen kann.

[1]) Siehe auch vorhergehenden Bericht.

Das durch den Gegenstrom erzeugte Bremsmoment ist den abzubremsenden Massen angepaßt.

Der verwendete Drehstrom-Kurzschlußläufer-Motor ist in polumschaltbarer Ausführung mit Dahlanderschaltung[1]) für 3000/1500 synchrone Umläufe und eine Leistungsabgabe von 3,8/3,3 kW bemessen. Als Schaltgeräte dienen 4 Luftsteuerschütze, die zusammen mit einer magnetischen Schnellauslösung auf einem gemeinsamen Rahmen im Bett der Maschine untergebracht sind. Die Betätigung erfolgt von einer Druckknopftafel aus, an welcher ein Signallicht vorgesehen ist, welches aufleuchtet, sobald eines der Steuerschütze anzieht. Bei Betätigung des „Halt"-Druckknopfes fallen alle Schütze ab, und dasjenige Schütz zieht an, welches dem Motor in der vierpoligen Wicklungsschaltung die drei Phasen so zuführt, daß sich seine Drehrichtung umkehrt (Bremsschütz). Die rechtzeitige Abschaltung des Bremsschützes erfolgt durch einen sogenannten Bremswächter, der mit der Motorwelle gekuppelt ist und eine Kontaktvorrichtung besitzt, die sich beim Hochlaufen des Motors bei rd. 200 U/min schließt und sich rückläufig bei rd. 100 U/min öffnet. Hierdurch wird das Bremsschütz rechtzeitig abgeschaltet, da Erreger- und Halte-Leitung durch

Hilfsmotor für Schnellbohreinrichtung
Schwenktaster
Hauptmotor
Bremswächter
Netztrennschalter
Raum für Schaltgeräte
PITTLER LEIPZIG

Abb. 2. Schnellauf-Revolverdrehbank.

die Kontaktvorrichtung unterbrochen werden. Der „Halt"-Druckknopf braucht nur kurzzeitig gedrückt zu werden, da sich das Bremsschütz während der Bremszeit selbst hält. Diese ist wiederum von den vorhandenen Schwungmassen abhängig (Dreibackenfutter!), dürfte jedoch bei den höchsten Spindelumläufen, die 3000 in der Minute betragen, 2 s nicht überschreiten.

Die Bremsung mit Gegenstrom wirkt hart und kräftig, und der Läufer des Motors gelangt eher zum Stillstand als die abzubremsenden Massen. Hierdurch bleiben in den Keilriemen Schwungkräfte zurück, die bewirken, daß der Läufer nach erfolgtem Stillstand wieder bewegt und somit auch der Bremswächter erneut zum Schließen seiner Kontaktvorrichtung gebracht wird. Dieser Vorgang kann sich bei zu starkem Bremsmoment mehrmals wiederholen, bevor die Abbremsung endgültig erfolgt ist und führt dann zu Schaltstößen, die Motor, Bremsschütze und Keilriemen stark beanspruchen. Sie erwecken den Anschein, daß das Bremsschütz „flattert". Es ist daher erforderlich, das Bremsmoment gegenüber dem Anlaufmoment des Motors zurückzusetzen. Aus diesem Grunde ist im Bremsstromkreis in eine Phase ein ohmscher Widerstand geschaltet, der im Bremsdrehfeld eine Verzerrung hervorruft und somit das Bremsmoment schwächt. Die Bremsung wird dadurch weicher, so daß man Bremsung mit Gleichstrom vermuten könnte. Der ohmsche Wert des Widerstandes bzw. die Größe des Bremsmomentes richtet sich nach den umlaufenden Massen und wird bereits im Lieferwerk festgelegt und der Maschine angepaßt.

Von einem thermischen Motorschutz wurde abgesehen, da dieser infolge der kurzzeitigen Stromstöße, die durch Hochlaufen, Polumschaltung und Gegenstrombremsung hervorgerufen werden, nur zu Betriebsstörungen Anlaß geben würde. Im übrigen macht sich eintretender Zweiphasenlauf insofern bemerkbar, als ein Bremsen mit Gegenstrom nicht mehr erfolgen kann, da der Motor auch nach Schalten des Bremsschützes in der gleichen Richtung auf zwei Phasen weiterläuft. Die vorhandene Drehrichtung kann nicht gewechselt werden, und die Bremsung ist somit ausgeschlossen. *Vb.*

[1]) R. Dahlander, ETZ 18 (1897) S. 257.

Theoretische Elektrotechnik.

DK 621.314.63.001.57

Ein Modell zur Darstellung der physikalischen Eigenschaften des Trockengleichrichters. [Nach R. Hilsch u. R. W. Pohl, Z. Phys. 111 (1938) S. 399; 10 S., 8 Abb.]

Die Steuerung und Gleichrichtung von Wechselströmen sind beide eng miteinander verknüpft, da in beiden Fällen zur Leitung Elektrizitätsträger eines Vorzeichens benutzt werden, während die andere Elektrode für den Austritt von Trägern gesperrt sein muß. Diese Bedingung erfüllt bekanntlich am besten die Vakuumröhre mit einer glühenden Kathode. Ferner läßt sich die Gleichrichtung noch durch Trockengleichrichter erzielen. Das sind in erster Linie Kristalle, die durch ihre Elektronenleitung gekennzeichnet sind. Hierher gehören Cu_2O- und Selengleichrichter. Für diese Gleichrichter gibt es bisher kein befriedigendes Modell und R. W. Pohl versuchte an dem Beispiel des KBr-Kristalls eine Möglichkeit zu finden. Die Leitfähigkeit der KBr-Kristalle steigt mit der Temperatur exponentiell an. Beim Vorgang der Leitung

− Pt +

Abb. 3. Modell eines Kristallgleichrichters.

diffundieren im elektrischen Felde Elektronen zur Anode. Hierbei entstehen Ruhepausen, wo sich positive Ionen mit Elektronen zu sogenannten „Farbzentren" vereinigen, d. h. zu neutralen Metallatomen. Diese Farbzentren machen die Bahn der diffundierenden Elektronen sichtbar. Durch den Aufenthalt der Elektronen in den Farbzentren wird die Wanderungsgeschwindigkeit verringert; bei 100 V durchläuft ein Elektron einen Elektrodenabstand 1 cm in etwa 10 s. In einem solchen Kristall gibt es also zwei Ströme: Den Elektronenstrom, der durch die höchstzulässige Stromwärme bedingt ist, und den Ionenstrom, der durch die Temperatur bestimmt ist, so daß bei tiefen Temperaturen der Kristall fast zum Isolator wird. (Das Verhältnis beider Ströme wird δ genannt.)

Ein KBr-Kristall sei zwischen zwei Elektroden eingeschlossen und die Kathode sei so gewählt, daß ein Ionen- und Elektronenstrom zustande kommt. Ein geeigneter Werkstoff ist Ca; d. h. physikalisch gibt Ca Elektronen ab, während chemisch gesehen dem KBr Brom entzogen wird und Kalzium in Freiheit gelangt. Dann dissoziieren die K-Atome in Ionen und in Elektronen, die zur Anode diffundieren. Pt wäre hier ungeeignet, weil dies Element keine Elektronen abgeben kann, also chemisch kein Ca in Freiheit setzt. Pt wird also als Sperrelektrode gebraucht. Eine noch geeignetere Kathode als Ca erhält man, wenn man eine metallische Spitze benutzt und diese mit einer K-Legierung überzieht (Abb. 3). Steht ein solcher Kristall jetzt unter einem Feld, und wird das Vorzeichen des Feldes geändert (Pt Kathode), so wandern die „Farbzentren" heraus und der Kristall leitet elektrolytisch. Eine in solcher Anordnung gemessene Stromspannungskurve zeigt die bekannte Gleichrichterkurve (Unsymmetrie) (Abb. 4).

Sind nun Strom und Spannung so gewählt, daß ein Elektron in etwa 10 s einen mit Farbzentren erfüllten Kristall durchläuft, so dauert es doch einige Minuten, bis sich im Kristall ein stationärer Zustand eingestellt hat. Diese lange Einstellzeit T_0 ist verständlich, da beim Auslaufen der Elektronen die Wolke der Farbzentren das klare nur elektrolytisch leitende Kristallstück als Hinterwand hat, so daß im Bereich der Farbzentren eine kleinere Feldstärke herrscht als es bei homogener Feldverteilung zu erwarten wäre.

Mit diesen Modellen lassen sich Wechselströme gleichrichten, sofern ihre Periode $T < T_0$ ist. Bei Durchlaß-

richtung ist der gesamte Kristall mit Farbzentren angefüllt, während der Kristall bei Sperrichtung in seiner Länge als Sperrschicht wirkt.

Während der Anlaufzeit T_0 ist die gesamte Sperrschicht noch nicht ausgebildet, vielmehr wächst sie zunächst proportional mit der Zeit t, dann mit $\sqrt{t}$, und aus der Formel

$$x\,l + \frac{\delta}{2}\,x^2 = P\,v_f\,t$$

kann zur Zeit t die Dicke x, wenn v_f die Beweglichkeit der Farbzentren und l die Kristallänge ist, ermittelt werden.

So, wie sich nun die Sperrschicht gebildet hat, geht sie nicht wieder zurück. Dies ist eine Folge der Feldverteilung bei der Entstehung und Rückbildung der Sperrschicht.

Ist der Wert δ sehr groß, so enthält die jeweils vorhandene Sperrschicht den ganzen Spannungsabfall, und es genügt zur Sperrung dann schon eine sehr dünne Schicht, deren Ausbildungszeit kleiner als T_0 ist.

Dieses Modell hat nun den Nachteil, daß die Dicke der Sperrschicht nicht festgelegt ist. Dies erreicht man durch das geschichtete Modell, das den technischen Trockengleichrichtern entspricht. Hierbei liegt direkt vor der Sperrelektrode eine

Abb. 4. Kennlinie eines Kristallgleichrichters.

Abb. 5. Modell des Kupferoxydul-Trockengleichrichters.

dünne Schicht eines Halbleiters, so daß die Sperrschicht ein Kristallstück zwischen den Elektroden eines Gleichrichters ist. Diesem Stück werden von einer Seite Elektronen zugeführt, während von der anderen Seite keine Elektronen abgegeben werden dürfen.

In dem eben behandelten Modell wurde mit elektronischer Überschußleitung gearbeitet. Bei dem Kupferoxydulgleichrichter haben wir es mit einem Beispiel der sogenannten Elektronenersatzleitung zu tun. Das Modell für ihn und sein Aufbau ist aus Abb. 5 zu entnehmen. Liegt an der Kupferelektrode ein negatives Feld, so wird der Strom durchgelassen, d. h. die Oxydulschicht läßt in den Halbleiter Elektronen nachrücken oder chemisch gesehen, es wird an der Cu-Platte CuO in Cu_2O zurückverwandelt. Ist dagegen die Cu-Platte positiv, also Sperrwirkung, so kann die Oxydulsperrschicht keine Elektronen an das Cu abgeben und keinen Ersatz von seiten des Halbleiters aufnehmen; denn infolge des sehr kleinen elektrolytischen Leitvermögens nimmt sie den ganzen Spannungsabfall auf. Chemisch besagt dies, daß gemäß dem thermischen Gleichgewicht die Kupferelektrode kein Cu aus dem Cu_2O aufnimmt, die isolierende Oxydulschicht wird also nicht durch CuO-Bildung in einen Halbleiter verwandelt. Die Metallelektrode M des Gleichrichters hat keinen Einfluß auf die Sperrwirkung und entspricht im Modell der elektronenliefernden Elektrode. Aus den Darlegungen folgt, daß die Sperrschicht keine konstanten Eigenschaften hat und einen in der Feldstärke abhängigen Widerstand besitzt.

Wie eingangs geschildert, entspricht der Gleichrichter einer Vakuumdiode. Man könnte nun versucht sein, durch eine Steuerelektrode den Kristall zu steuern, so daß er vergleichbar mit einer Triode wird. Solche Versuche sind von Pohl unternommen und haben ergeben, daß ein solcher Dreielektrodenkristall die Eigenschaften eines Rohres besitzt. Erwähnt muß werden, daß die Barkhausensche Formel nicht ganz erfüllt ist; es ist nämlich $D \cdot R_i \cdot S = 0{,}95$ (wobei S die Steilheit, D den Durchgriff und R_i den inneren Widerstand bedeuten) und nicht 1, wie es der Theorie entspräche. Dies werden weitere Untersuchungen klären. *Hsr.*

DK 621.3.016.2.001.11

Neue Darstellung der Verzerrungsleistung eines Wechselstromes mit Hilfe des Funktionenraums. [Nach W. Quade, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 5, S. 277; 20 S., 4 Abb.]

Der von C. I. Budeanu eingeführte und später von anderen übernommene Begriff der Verzerrungsleistung beruht, wie in der Arbeit erstmalig gezeigt wird, auf dem der konjugierten Spannung, der sich seinerseits auf den Begriff der Fourierentwicklung der angelegten Spannung stützt. Durch die Einführung der konjugierten Spannung gelingt es, Verschiebungsblind- und Verzerrungsleistung durch endliche Ausdrücke darzustellen und damit auch Kriterien für das Verschwinden dieser Leistungen aufzustellen. Im allgemeinen läßt sich die konjugierte Spannung nicht physikalisch verwirklichen, sie nimmt sogar, wenn die Kurve der angelegten Spannung Sprungstellen besitzt, unendlich große Werte an. An einigen Beispielen wird gezeigt, zu welch merkwürdigen Ergebnissen die übliche Definition der Verzerrungsleistung führt. Das Verhalten der konjugierten Spannung und diese Ergebnisse waren der Anlaß, eine anders geartete Aufspaltung der Blindleistung und damit eine neue Definition der Verzerrungsleistung vorzuschlagen. *eb.*

DK 621.392.52

Neue Möglichkeiten für elektrische Weichen. [Nach H. Lehmann, Elektr. Nachr.-Techn. 15 (1938) S. 342; $9^1/_2$ S., 21 Abb.]

Ausgehend von der bekannten Theorie der elektrischen Filter werden im Teil I der Arbeit Vierpole, welche zur Bildung von Weichen geeignet sind, aus den normalen Filtern abgeleitet, wobei sich sowohl eingliedrige (Partialbruch-) als auch mehrgliedrige (Ketten-)Schaltungen als brauchbar erweisen. Teil II befaßt sich mit Weichen, die man durch eingangsseitige Reihenschaltung solcher Vierpole bekommt, wobei diese auch die bekannten Weichen mit konstantem Eingangswiderstand umfassen. Für diese werden neue Schaltungen, Kettenschaltungen, angegeben; weiterhin ergeben sich aber noch Weichen, welche keinen konstanten Eingangswiderstand besitzen, aber praktisch den Weichen mit konstantem Eingangswiderstand gleichwertig und insofern sogar überlegen sind, als ihr Aufbau wesentlich einfacher und der erforderliche Aufwand an Schaltelementen kleiner ist. Die theoretischen Ergebnisse werden durch einige Versuche bestätigt. *SB.*

Physik.

DK 538.566

Ergebnisse einer Theorie über die Fortpflanzung elektromagnetischer Wellen über eine Kugel endlicher Leitfähigkeit. [Nach Balth. van der Pol und H. Bremmer, Z. Hochfrequenztechn. 51 (1938) S. 116; 8 S., 14 Abb.]

Ausgehend von einer strengen Theorie der Maxwellschen Gleichungen wird die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen und ihre Diffraktion um eine Kugel beliebiger Leitfähigkeit und Dielektrizitätskonstante betrachtet. Dabei wird außerhalb der Kugel, abgesehen vom Punkt P, im Raum keine Materie vorausgesetzt. Auf der homogen vorausgesetzten Erde mit der Leitfähigkeit σ und der Dielektrizitätskonstante ε ist ein Dipol mit der Kreisfrequenz ω aufgestellt, dessen Feldstärke durch Differentiation zu finden ist, wenn der Hertzsche Vektor bekannt ist. Die Lösung für den Hertzschen Vektor ist nach Poincaré in Kugelkoordinaten für einen Aufpunkt P angegeben, wenn sich der Sender in einer Entfernung Q befindet, und zerfällt in 2 Felder. Von diesen ist das erste das primäre Feld, welches ungestört ist, während das gestörte sekundäre Feld in der Lösung durch eine Reihe von Kugelfunktionen dargestellt ist, die ihrerseits 12 Besselsche Zylinderfunktionen halbganzer Ordnung enthalten. Aus dieser Lösung folgt allgemein die radiale Komponente E_r der Feldstärke im internationalen allgemeinen Maßsystem in Volt/m

$$E_r = \frac{3 \cdot 10^{-1}}{D} \sqrt{P} \left| \frac{1}{2} \frac{\Pi_{\text{tot}}}{\Pi_{\text{prim}}} \right| \text{Volt/m}.$$

Hierin bedeuten D die Entfernung zwischen Sender und Empfänger in km, P die Leistung des Senders in kW, eine Leistung, welche er ausstrahlen würde, wenn er bei konstantem Sendestrom auf dem Erdboden stände, und Π_{tot} und Π_{prim} den gesamten und primären Anteil des Hertzschen Vektors.

Hieraus folgt auch das Reziprozitätsgesetz, wonach es gleichgültig ist, ob der Sender oder Empfänger auf der Erde

steht. Die Lösung des Problems ist so allgemein, daß sie für alle Fälle Gültigkeit besitzt. Es zeigt sich aber, daß die hierin auftretende Reihe nur dann gut konvergiert, wenn λ gegen den Kugelumfang groß ist, während für sehr kleine λ gegenüber dem Kugelumfang erst Konvergenz nach einer sehr großen Anzahl von Gliedern auftritt. Dieser letztere Fall, welcher in der Radiotelegraphie vorkommt, ist weiter behandelt worden, und zwar in der Weise, daß jedes Glied der Reihe wieder in eine Unterreihe zerlegt wird, wobei übereinstimmende Glieder der Unterreihen zusammengefaßt werden. Physikalisch erinnert dieser Weg an die wiederholte Reflexion einer sphärischen Welle zwischen Kugeloberfläche und Mittelpunkt. Es entstehen so Wellenbündel W_0, $W_1 \cdots W_k$, und das Bündel W_k ist folgendermaßen definiert: W_k entsteht durch $k-2$ Reflexionen an der Innenwand der Kugel des Bündels W_1, das durch die Refraktion des ursprünglichen Bündels W_0 im Punkte A_1 entstanden ist (Abb. 6). Die endgültige Brechung findet für W_k in A_k statt, wo das Bündel wieder heraustritt. Diese gleichsam quasioptische Theorie erinnert an die Theorie des Regenbogens von Airy, der die Lichtwellenbrechung in einem Regentropfen betrachtete; denn auch hier ist die Bedingung erfüllt, daß die Wellenlängen klein gegenüber dem Kugelumfang sind. Der Unterschied beider Darstellungen ist aber folgender: Während Airy keine Absorptionen berücksichtigen mußte, treten natürlich bei den elektromagnetischen Wellen starke Absorptionen auf, so daß eigentlich nur noch die Bündel W_0 und W_1 übrigbleiben.

Abb. 6. Aufspaltung der Lösung in Wellenbündel.

In der neuen Theorie ist bewußt von Wellenbündeln gesprochen, was einer strengen Lösung der Wellengleichung entspricht. Auf diese Weise treten die Diffraktionseigenschaften klar hervor, da in der eigentlichen Strahlenphysik zunächst die Diffraktion fremd ist. Mit Hilfe dieser optischen Auffassung werden Verhältnisse betrachtet, wo es gleichgültig ist, ob der Punkt P_2 (in Abb. 6) über oder unter dem Horizont des Senders liegt. Bei den Betrachtungen ist nur darauf zu achten, daß stets die Größen für räumliche Wellen genommen werden müssen. Es gilt also nicht mehr der Fresnelsche Reflexionskoeffizient für ebene Wellen, sondern ein korrigierter, und die Divergenz der reflektierten Strahlung verhält sich an einer gekrümmten Ebene anders als an einer planen Fläche.

Abb. 7. Abschwächung relativ zur freien Ausbreitung für einen Sender auf 100 m Höhe. Empfänger auf dem Boden mit $\sigma = \infty$.

Für verschiedene Sonderfälle, z. B. daß Sender und Empfänger auf der Erde stehen, oder der eine von beiden mit einer Höhe h sich über dem Erdboden befindet u. a. m., sind die senkrechten Komponenten für die Feldstärke angegeben. Aus den betreffenden Gleichungen ist zu entnehmen, daß sie schon nach den ersten Gliedern gut konvergieren und auch für jede beliebige hinreichend große Entfernung zwischen Sender und Empfänger Gültigkeit behalten.

Für verschiedene Fälle, bei denen z. B. auch der Verschiebungsstrom zu berücksichtigen ist, sind Schaubilder gezeichnet, aus denen Einzelheiten zu entnehmen sind. Aus diesen Kurven ist noch eine Tatsache zu erkennen: Lange Wellen pflanzen sich über einen Boden mittlerer Beschaffenheit besser fort als über Meereswasser.

Abschließend werden an Hand von Zahlenergebnissen die Verhältnisse für eine endliche Höhe des Senders oder Empfängers über der Erde behandelt. Dabei zeigt sich, daß ein ausgeprägter Schatteneffekt erst bei Wellen von $\gtrsim$ 1 mm auftreten kann. Dies ist eine gewisse Schwächung der Strahlen, welche durch die Anwesenheit der Erde hervorgerufen wird (Abb. 7). Der Schwächungsfaktor selbst ist nach der Lösung der Gleichung für den Hertzschen Vektor $\Pi_{\mathrm{tot}}/\Pi_{\mathrm{prim}}$ [vgl. Gl. (1)] definiert. Damit ist auch die hin und wieder behauptete Diskontinuität der Fernsehwellen am Horizont widerlegt, für die theoretisch also keine haltbare Annahme existiert. Stehen nun noch Sender und Empfänger auf endlicher Höhe von der Erde, so sind dieselben Ergebnisse zu verwenden, abgesehen davon, daß jetzt je ein Höhenfaktor eingeführt werden muß, und zwar für Sender und Empfänger, während er sonst immer nur für den Sender oder Empfänger allein notwendig war, je nachdem der eine oder andere von beiden auf dem Erdboden steht. *Hsr.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.397.5(061.3)

Internationale Fernsehtagung Zürich, 19. bis 21. Sept. 1938.

Die Physikalische Gesellschaft Zürich hatte zu einer internationalen Fernsehtagung vom 19. bis 21. 9. 1938 eingeladen. Die gut besuchte Tagung gab einen bemerkenswerten Überblick über die Fernsehentwicklung der letzten Zeit. Nach einer Begrüßung der Tagungsteilnehmer durch die Schweizer Behörden und durch den Vorstand der Physikalischen Gesellschaft Zürich wurde die Tagung mit einem Vortrag von L. M. Myers (England) über die Entwicklung des Großbildempfanges beim Fernsehen eröffnet. Um eine genügende Helligkeit auf dem Großschirm zu erhalten, versucht Myers die fluoreszierenden Leuchtschirme der Projektionsröhren durch thermisch leuchtende Schirme zu ersetzen. Schirme aus kolloidal verteiltem Wolfram auf einer 0,5 mm dicken Schicht aus Magnesiumoxyd ergeben Flächenhelligkeiten bis zu 150 sb. Die hierfür erforderliche Strahlleistung von 3 kW bedingt die Zwischenschaltung einer Hilfskathode. — Über die Gegenwartsfragen der Fernsehtechnik berichtete A. Gehrts (Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost). Nach kurzer Erläuterung und Begründung der deutschen Fernsehnorm wurden die für den Empfängerbau maßgebenden Gesichtspunkte erörtert (Heimempfänger, Standempfänger, Großbildempfänger) und die auf der Senderseite eingesetzten Geräte kurz gestreift. — Die besondere Bedeutung des Mechau-Bildausgleichprojektors für die Fernsehübertragung von Filmen wurde von F. Schröter (Deutschland) hervorgehoben. Die vorteilhafte Kombination des Bildausgleichprojektors mit einem Ikonoskop wird in dem noch günstigeren Leuchtschirmabtaster durch die Kombination des Ausgleichprojektors mit einer Projektionsröhre ersetzt. — R. Urtel (Deutschland) berichtete ausführlich über die verschiedenen Modulationsschemata für Bildinhalt und Synchronisierung und unterstrich die für die Einführung ausschlaggebenden Vorteile der Positivmodulation. — Einen Beitrag zur Röhrenfrage für Fernsehempfänger lieferte M. J. O. Strutt (Holland); im besonderen ging er auf die Eigenschaften zweier neu entwickelter Hochfrequenzpenthoden ein. — E. H. Traub berichtete über eingehende Untersuchungen der Fehler, die in Geräten auftreten können, die Spiegelräder benutzen. — Im Institut für technische Physik der T. H. Zürich wurde ein mechanischer Filmabtaster (441 Zeilen, 50 Bilder/s, Zeilensprungverfahren) entwickelt, der von W. Amrein beschrieben wurde. Die Zeilenbewegung wird durch eine Lochscheibe und die Bildbewegung durch den Spiegel eines Spiegelrades (Mechau-Spiegelrad) bewerkstelligt. — Zwei weitere Vorträge: J. Saphores (Frankreich): „Bemerkungen über Phasenverzerrungen bei Fernsehübertragungen" und K. Küpfmüller und H. F. Mayer (Deutschland): „Die Übertragung von Fernsehprogrammen über Kabelleitungen" erörterten die Anforderungen, die an die Übertragungswege zu stellen sind. — J. Rabuteau (Frankreich) gab einen Überblick über den Aufbau des Fernsehsenders am Eiffelturm. In einem Film wurde die Montage des Feeder vorgeführt. — Zu sehr interessanten Ergebnissen führten Versuche über die Ausbreitung von Ultrakurzwellen, die von W. Gerber (Schweiz) und F. Tank

(T. H. Zürich) gemeinsam angestellt wurden. Sie ließen u. a. eine bevorzugte Ausbreitung längs der Seenketten erkennen. — Die Vorträge, die in einem in Kürze erscheinenden Sonderheft des Schweizer Archivs für angewandte Wissenschaft und Technik veröffentlicht werden, lösten durchweg eine lebhafte Diskussion aus. *Ghs.*

DK 621.315.235

Umlegen von Kabelkanälen, die mit Kabeln besetzt sind. [Nach A. T. Soons, Post Off. electr. Engrs. J. 31 (1938) S. 201; 3 S., 6 Abb.]

Die umfangreichen Veränderungen der Straßen, die durch den immer stärker werdenden Verkehr bedingt sind, zwingen vielfach auch dazu, die vorhandenen Kabelkanalanlagen aus ihrer Lage zu rücken. Sofern die Lageänderungen nicht zu groß sind, so daß genügend Vorrat an Kabellänge vorhanden ist, besteht die Möglichkeit, die Veränderungen auszuführen, ohne die Kabel schneiden zu müssen. Der Verfasser schildert ein Verfahren, einen mit Kabeln besetzten Kanal als Ganzes zur Seite zu schieben und tiefer zu legen, ohne den Betrieb zu stören. Ein Neunlochkanal aus Tonröhrenblöcken mußte verlegt werden. Nach Freilegen der Kanalanlage wurde der Graben für die neue Lage ausgehoben und in gewohnter Weise versteift. Wie die Lage verändert werden sollte, ergibt sich aus Abb. 8. Dann faßte man die gesamte Röhrenanlage mit

alte Lage

neue Lage

alte Lage

neue Lage

Abb. 8. Alte und neue Lage des zu verlegenden Kabelkanals.

Hilfe eines Gerüstes zusammen und hielt sie über dazwischengeschobenen Hölzer auf dem Grabenrand schwebend. Abb. 9 zeigt die Art und Weise der Aufhängung. Um das Gleiten zu

Abb. 9. Aufhängung des Kabelkanals, um denselben auf Seite zu schieben und tiefer zu verlegen.

erleichtern, wurden die Hölzer, an denen die Röhren aufgehängt wurden, mit einer Mischung von Ton und Wasser eingeschmiert. Hierauf wurde die ganze Anlage so weit zur Seite geschoben, bis sie über dem neuen Graben schwebte. Dann wurde durch langsames Nachlassen der Seile, in denen die Röhren hingen, die Kanalstrecke in den neuen Graben herabgelassen. *Kbr.*

Praktische Mathematik.

DK 621.317.088 : 519.241.5

Toleranz von Rechengrößen, Erweiterung auf Plus-Minus-Toleranzen. [Nach H. Prinz, Arch. techn. Messen, J 021—4 (Nov. 1938); 6 S., 4 Abb.]

In der Praxis liegt häufig die Aufgabe vor, die Toleranz einer Rechengröße zu suchen, die durch Anwendung gegebener Rechenoperationen aus zwei oder mehreren, durch Messung bestimmten Größen oder Konstanten ermittelt werden soll, deren Toleranzen gegeben oder durch Versuch bekannt seien. Unter Toleranz wird die größtmögliche prozentuale Abweichung einer Größe von ihrem tatsächlichen Wert verstanden. Dabei kann es sich einmal um Meßgrößen und Konstanten handeln, die aus einem einzigen Versuchsaufbau ermittelt wurden; in diesem ersten Fall wird aus den Toleranzen der einzelnen meßbaren Größen die Meßtoleranz der gesamten Versuchsanordnung zu errechnen sein. Oder aber es handelt sich um Meßgrößen, die aus mehreren Versuchsaufbauten ermittelt und dann formelmäßig ausgewertet wurden. In diesem zweiten Fall wird aus den Toleranzen der einzelnen Meßgrößen die Toleranz einer neuen daraus abgeleiteten Rechengröße zu bestimmen sein. Zur Lösung solcher Art von Aufgaben hat der Verfasser in Anlehnung an eine frühere Arbeit[1]), in der nur Plus-Toleranzen behandelt wurden, auch für den Fall der Plus-Minus-Toleranzen in Tabellenform Beziehungen angegeben, mit deren Hilfe die Toleranz $\pm z$ in Prozent einer dritten Größe c aus den Toleranzen $\pm x\%$ und $\pm y\%$ zweier gegebener Meßgrößen a und b errechnet werden kann. Dabei werden die beiden Möglichkeiten untersucht, daß die Plus- und Minuswerte der gegebenen Toleranzen gleich bzw. voneinander verschieden seien. Die Arbeit beschränkt sich auf die Ableitung von Beziehungen für die acht einfachsten Rechenvorschriften, nämlich Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division, Potenz, Wurzel, Exponentialfunktion und Logarithmus. Wenn es sich um die Toleranzberechnung von komplizierteren Ausdrücken handelt, können die abgeleiteten Formeln schrittweise auf die auszuführenden Rechenvorschriften angewendet werden. Zur überschlagsmäßigen Toleranzberechnung von zusammengesetzten Ausdrücken hat der Verfasser Näherungsbeziehungen aufgestellt, die für die in der Praxis am häufigsten vorkommenden Toleranzwerte unter $\pm 5\%$ in einfacher Weise noch hinreichend genaue Werte liefern. Für den Meßtechniker von besonderem Wert ist es, daß sich die angegebenen Beziehungen auch zur Lösung der umgekehrten Aufgabe heranziehen lassen, bei welcher eine bestimmte Toleranz des Meßergebnisses gefordert wird und dann die Toleranzen der Einzelmeßergebnisse so bestimmt werden sollen, daß die vorgeschriebene Toleranz der auszuführenden Messung nicht überschritten wird. Zur näheren Erläuterung der angegebenen Rechenverfahren werden einige einfache Zahlenbeispiele sowie verschiedene technische Aufgaben durchgerechnet. *eb.*

[1]) H. Prinz, Arch. techn. Messen, J 021—3 (Juni 1938).

AUS LETZTER ZEIT.

DK 389.6

Allgemeine Einführung des metrischen Gewindes. Der Reichswirtschaftsminister hat am 21. April eine Anordnung erlassen[2], laut der Schrauben, Muttern und Fassonteile für Inlandsbedarf bis 10 mm Dmr. nur noch mit metrischem Gewinde oder metrischem Feingewinde hergestellt werden dürfen. Teile mit mehr als 10 mm Dmr. sollen möglichst auch metrisches Gewinde erhalten. Die Anordnung tritt am 1. Oktober 1940 in Kraft; Strafbestimmungen für Zuwiderhandlungen sind vorgesehen.

Mit dieser Anordnung wird letzten Endes allen, den Herstellern und Verbrauchern, ein Gefallen getan. Seit der Gewindenormung kannten wir in Deutschland zwei Systeme: das Whitworth- und das metrische Gewinde, für deren Herstellung immerhin noch 144 Lehren, 226 Gewindebohrer und 144 Schneideisen erforderlich waren. (Diese Zahlen betrugen vor der Normung, als es in Deutschland noch 11 Gewindesysteme gab: 548, 822, 548!)

Die Umstellung wird die Zahl der Werkzeuge noch einmal erheblich vermindern. Die Wehrmacht, der Kraftfahrzeugbau und einzelne Firmen der Feinmechanik und des Maschinenbaus haben sich schon seit geraumer Zeit auf metrische Gewinde beschränkt und damit der allgemeinen Einführung die Wege geebnet. *of.*

[2]) Dtsch. Reichsanz. Nr. 94 (1939).

AUS DER JUNGINGENIEURARBEIT.

Die Wasserkräfte der Ostmark.

Von K. Krauß VDE, Wien.

DK 627.8 : 621.311.21(436)

Übersicht*). Das Rohdargebot als wichtigste Grundlage für Entwürfe von Wasserkraftausbauten und für deren Beurteilung. Grenzen seiner Ausnutzbarkeit. Speicherwirtschaft als wirksamstes Hilfsmittel für möglichst weitgehende Ausnutzung des Rohdargebotes. Geographischer Überblick über die bedeutendsten Wasserkraftvorkommen in den Gauen der Ostmark.

Das Rohdargebot an Wasserkraft.

Bei der Ermittlung des Besitzes unserer Ostmark an Wasserkräften gehen wir nicht so vor, daß wir die Leistungen einer Anzahl von als ausbauwürdig geschätzten Entwürfen zusammenzählen, sondern wir stellen zunächst das Rohdargebot an Wasserkraft des ganzen Gebietes fest und stecken damit den festen, verläßlichen Rahmen für unsere Arbeit ab.

Zum Begriff des Rohdargebotes, den wir nun zunächst definieren müssen, kommen wir folgendermaßen (Abb. 1): Die Fläche des betrachteten Gebietes $x_0\,x_1\,y_0\,y_1$ ist keine Ebene, sondern besitzt eine Höhenentwicklung $z = f\,(x, y)$. Auf das Gebiet fallen Niederschläge, auch nicht gleichmäßig, sondern nach einer Funktion $q = F\,(x, y, t)$ örtlich und zeitlich verschieden verteilt. Beim Abfließen legen die Niederschlagswässer das Gefälle z zurück und leisten dabei die Arbeit $A = q\,z$. Das gesamte Rohdargebot des Gebietes $x_0\,x_1\,y_0\,y_1$ während einer Periode $t_0\,t_1$ ist nun das dreifache Integral des Produktes

$$R = \int_{x_0}^{x_1}\int_{y_0}^{y_1}\int_{0}^{31{,}5\cdot 10^6} f\,(x, y)\,F\,(x, y, t)\,\mathrm{d}x\,\mathrm{d}y\,\mathrm{d}t$$

in Kilowattstunden je Jahr. Als Beobachtungsperiode wollen wir nämlich ein Jahr wählen unter der Annahme, daß der Verlauf der Niederschläge jedes Jahr der gleiche ist. Wir wissen, daß das nicht zutrifft; doch führt uns auch diese Annahme zu praktisch richtigem Handeln, wenn wir uns ihrer Fehlerhaftigkeit bewußt bleiben.

Die Ausnutzbarkeit des Rohdargebotes findet auf absehbare Zeit bei etwa 30 % ihre Grenze, und zwar aus folgenden Gründen:

1. Nicht alles Niederschlagwasser fließt in erfaßbarer Form ab. Von den höchsten Lagen wird ein Teil des als Schnee gefallenen Niederschlages abgeweht, ein weiterer geht als Lawine ab und wird damit erst im Tal zu Wasser; Wasser, aber auch Schnee verdunsten bei Sonnenbestrahlung. Auf Schotter- und Kalkboden versinkt viel Wasser in Spalten und Klüfte und tritt erst viel tiefer als faßbare Quelle wieder zu Tal. In den tieferen Lagen verbraucht die Pflanzenwelt einen erheblichen Teil des Niederschlages für ihren Stoffwechsel. Diese Verlustquellen werden durch Fortschreiten der Technik offenbar kaum eingeschränkt werden können.

2. Nicht alles abfließende Wasser kann mit erträglichem Aufwand gefaßt werden. Es gibt, besonders im Kalkgebirge, zahlreiche Gießbäche, Gerinne, die nur wenige oder selbst einzelne Stunden im ganzen Jahre eine große Wassermenge führen und sonst dauernd trocken sind. Auch regelmäßig wasserführende Bäche und Flüsse erhalten kurzzeitige, gewaltige Hochwasserspitzen, die ungenutzt durchgelassen werden müssen, weil eine Bemessung der Kraftanlagen nach diesen nur ausnahmsweise auftretenden Höchstwassermengen sinnlos wäre. Diese Verlustquelle dürfte am ehesten im Laufe der Zeit bei zielbewußter kulturtechnischer Arbeit einzuschränken sein, wenn durch Aufforstung, Bodenbefestigung und eine Fülle sorgfältiger Kleinarbeit eine Rückbildung der vielfach bereits eingetretenen Verkarstung gelingt.

Abb. 1. Zum Begriff des Rohdargebotes an Wasserkräften.

3. Der Ausbau kann nicht in unendlich vielen unendlich kleinen, sondern muß in wenigen großen Stufen geschehen. Darum werden die zwischen zwei Höhenstufen anfallenden Wässer erst von der Höhe der tieferen an zur Arbeit herangezogen. Zweckmäßige Gliederung in Ausbaustufen wird diese Verlustquelle einschränken, kann sie aber nicht beseitigen.

4. Nicht die ganze abfließende Wassermenge steht für die Kraftgewinnung zur Verfügung, sondern es müssen auch andere Wassernutzungen berücksichtigt werden.

Wenn auf jede dieser Verlustquellen nur 15 % entfallen, bleiben für Kraftzwecke nur 40 % des Rohdargebotes verfügbar.

Ausnutzung des Rohdargebots durch Speicher.

Ein wichtiges Mittel, um eine starke Ausnutzung des Rohdargebotes zu erreichen, ist die Jahres- oder Großspeicherung. Betrachten wir zunächst den zeitlichen Verlauf des Energiedargebotes (Abb. 2), so erkennen wir, daß wir die alpinen Gewässer in sechs Gruppen teilen können, nämlich:

1. Gletscherabflüsse,
2. Abflüsse hochalpiner Einzugsgebiete über 2000 m, aber unvergletschert,
3. Abflüsse alpiner Einzugsgebiete zwischen 1000 und 2000 m, mit ununterbrochener Winterschneedecke,
4. größere Flüsse, in denen Gletscherabflüsse erheblichen Anteil haben (Inn, Salzach, Drau; wir nennen diese Art nach dem wichtigsten Vertreter: Inntyp),
5. größere Flüsse ohne vergletschertes Einzugsgebiet (Enns, Mur, Traun usw., wir nennen diese Art: Ennstyp),
6. Endlich die Donau, in derem riesigem Einzugsgebiet sich alle Arten der zeitlichen Abflußverteilung günstig mischen.

*) Vortrag, gehalten vor den Jungingenieuren des VDE-Bezirkes Berlin am 26. 10. 1938.

Abb. 2 zeigt, daß allen diesen Gruppen gemeinsam ein starker Rückgang der Wasserführung und damit des Leistungsdargebotes im Winter ist, also gerade zur Zeit des größten Bedarfs, und daß dieser Rückgang von der Donau zu den höheren Lagen fortschreitend immer schärfer sich ausprägt, bis schließlich in den Gletscherabflüssen sich 90 % der jährlichen Abflußmenge auf die 4 Monate Juni bis September zusammendrängen und während der übrigen acht Monate nur 10 % abfließen. Eine derartige Abflußverteilung ist nahezu unverwendbar, aber auch der Wert der anderen Gruppen wird durch den Rückgang im Winter stark beeinträchtigt. Soll das Verhältnis zwischen Sommer- und Winterleistung nicht zu ungünstig werden, so schien zunächst nur der Ausweg gegeben, daß man den Ausbau auf die geringen Wassermengen des Winters abstellt und auf die Ausnutzung des Sommerüberschusses verzichtet. Diese Einstellung ist der hauptsächliche Grund dafür, daß die alten amtlichen Statistiken die in Österreich gewinnbaren Wasserkräfte zu gering angeben. Gelingt es aber, in großen Speicherräumen den Sommerüberschuß ganz oder zum großen Teil zurückzuhalten, um ihn

Abb. 2. Zeitlicher Verlauf der Wasserführung typischer Gewässerarten.

im Winter zu verarbeiten, so wird mengen- und wertmäßig viel gewonnen.

Abmessungen und Wirtschaftlichkeit der Speicher.

Aus der Abb. 2 erkennen wir, daß in den acht hochalpinen Wintermonaten nur 10 % der Jahresmenge abfließen, es fehlen also fast 60 %, die aus dem Speicher zugesetzt werden müssen, um gleichmäßigen Abfluß zu erzielen. Man wird nun nicht fehlgehen, wenn man annimmt, daß von einem Quadratkilometer vergletscherten Einzugsgebietes in einem Jahr mittlerer Abflußstärke 1,7 Mill m³ abfließen. Daraus folgt die einfache Beziehung, daß für vollständigen Jahresausgleich auf jeden Quadratkilometer vergletscherten oder hochalpinen Einzugsgebietes 1 Mill m³ Speicherraum nötig ist. Für Einzugsgebiete tieferer Lagen ist wegen des geringeren und gleichmäßigeren Abflusses der auf die Flächeneinheit bezogene Bedarf an Speicherraum geringer, er beträgt z. B. für die Enns nur noch etwa ¼ Mill m³/km², für die Donau $^1/_{10}$ Mill m³/km² Einzugsgebiet.

Der Tag hat rd. 90 000 s, die Strömungsgeschwindigkeit in den Gebirgsbächen, in den Gerinnen der Kraftwerke und in den Alpenflüssen beträgt 2 bis 4 m/s. Daher legt das Wasser je Tag etwa 180 bis 200 km zurück, oder es kommt in drei Tagen von Tirol nach Wien. Daraus folgt aber, daß der Einsatz des Vorrates eines Jahresspeichers, der allmählich erfolgt, seine ausgleichende Wirkung im ganzen Flußgebiet gleichzeitig äußert. Damit wird aber der Jahresspeicher, seine Bemessung und Bewertung zu einer Sache des ganzen Flußgebietes, dem er angehört, nicht nur des unmittelbar zugehörigen Kraftwerkes.

Großspeicher.

Die wirtschaftliche Bewertung eines Großspeichers erfolgt durch Gegenüberstellung seines Ertrages und der Aufwendungen für seine Errichtung. Als Jahresertrag eines Großspeichers kann sein Arbeitsinhalt gelten, denn Füllung und Entleerung erfolgen einmal im Jahr. Der Aufwand für den Speicher setzt sich zusammen aus der Inanspruchnahme der überstauten Fläche und der Sperrmauer. Dies führt zur Ableitung zweier Vergleichswerte: der Arbeitsertragsziffer der überstauten Fläche Z_f und der Sperrmauer Z_s (Abb. 3).

Abb. 3. Zur Bewertung von Großspeichern.

Zunächst ist der Arbeitsinhalt A des Speichers in 10^6 kWh:

$$A = \frac{Q\,H}{450},$$

wobei Q Speicherinhalt in 10^6 m³, H gesamte unterhalb des Speichers in Kraftwerken ausgebaute Fallhöhe in m sind. Die Arbeitsertragziffer Z_f ist dann in 10^6 kW/km²

$$Z_f = \frac{A}{F} = \frac{Q\,H}{450\,F} = \frac{F\,h\,H}{450\,F} = h\,\frac{H}{450},$$

worin F die überstaute Fläche bei Höchststau in km², h die nutzbare Spiegelschwankung sind; $h = Q/F$ (wegen der Abnahme des Flächeninhaltes des Stauspiegels mit zunehmender Absenkung ist h kleiner als die tatsächliche Spiegelschwankung.)

Ebenso ist die Arbeitsertragsziffer der Sperre Z_s in kWh/m³

$$Z_s = \frac{A}{K} = \frac{Q}{K}\,\frac{H}{450} = k\,\frac{H}{450},$$

worin K Inhalt der Sperrmauer in 10^6 m³, k Verhältnis des nutzbaren Speicherraums (m³) zum Mauerinhalt (m³) sind.

Für hochalpine Speicher in 2000 m Seehöhe kommt H leicht auf 1500 bis 1800 m, h auf 30 bis 50 m; Z_f erreicht damit die Größenordnung 100 bis 200.

Der Ertrag hochwertigen Acker- und Weidenbodens beträgt im Jahr etwa 60 000 bis 80 000 RM/km², für diese Hochlagen wird er mit 30 000 RM = $3 \cdot 10^6$ Rpf bestimmt nicht zu niedrig eingesetzt. Daraus folgt also für die Kilowattstunde eine Belastung mit 0,000 15 bis 0,0003 RM; die Ablösung des Grund und Bodens wird also hier nie unlösbar werden.

1 m³ Beton kostet im Mittel samt allen Bauhilfsanlagen etwa 80 RM. Bei einem Jahresaufwand von insgesamt 5,5 % für Instandhaltung, Verzinsung und Tilgung (in 50 Jahren bei 4½ % Verzinsung) ergeben sich Jahreskosten von 4,40 RM. Damit die Kilowattstunde nun nicht mehr als mit 0,01 RM für Sperrenbau belastet ist, muß $Z_s = 440$ oder, bei $H = 1800$, $k = 110$ sein; werden dafür 0,02 RM zugelassen, was für hochwertigen Spitzenstrom, den diese Sperren liefern, in manchen Fällen möglich sein wird, so kann k in dieser Höhenlage bis auf 55 sinken.

Naturseen als Speicher.

Eine besondere Rolle spielen Großseen als Speicher. Sie liegen zwar meist ziemlich tief, und das beeinträchtigt ihren Arbeitsinhalt; doch können ihnen große Wassermengen entnommen werden, und das kommt dem Ausgleich großer Flüsse und damit der Wasserkraftnutzung und Schiffahrt sehr zugute. So ergeben die Großseen des Donaugebietes in Bayern und Oberösterreich bei einer Absenkung um 7 m einen Nutzinhalt von zusammen $2{,}10^9\,m^3$, der für die Auffüllung des Niederwassers der Donau sehr wertvoll ist. Gegen eine so weitgehende Absenkung werden zahlreiche Einwände erhoben. (Uferanbrüche, Verfaulen hölzerner Bauteile im Wechsel von naß und trocken, Beeinträchtigung des Landschaftsbildes und der Gesundheit durch die bei Absenkung freigesetzten Uferstreifen.)

Es ist angebracht, zu untersuchen, ob diese Schwierigkeiten endgültig zu einem Verzicht auf die Speicherfähigkeit der Großseen zwingen, oder ob sie auf wirtschaftliche Weise behoben werden können. Denn der fortschreitende Strombedarf wird schließlich dahin führen, daß einmal auch der Bedarf nach diesen Speicherräumen dringend wird; eine vorausschauende Volkswirtschaft wird daher Vorkehrungen treffen, diese Speicherräume ausnutzbar zu machen und sie in die Raumplanung einzuordnen, auch wenn man sie zunächst noch nicht benutzen wird. Auch der natürliche Wasserhaushalt bedingt Spiegelschwankungen der großen Seen (Bodensee 1,5 bis 2 m, Chiemsee 2,5 m); bei stärkerer Absenkung ändern sich diese Verhältnisse daher nur mengenmäßig, werden aber nicht auf grundsätzlich neue Erscheinungen führen. Im allgemeinen werden daher die befürchteten Wirkungen nicht untragbar sein, sondern höchstens gewisse einmalige (z. B. Uferbefestigung, besondere Gestaltung von Landungsbrücken, Beton- statt Holzpfählen für Pfahlroste) oder regelmäßig wiederkehrende Aufwendungen (Reinigung gewisser Strandstrecken von Schlamm, rascherer Ersatz hölzerner Bauteile) erfordern, für die die Sammelbezeichnung „Uferschutz" gebraucht werden möge. Die Deckung für diese Aufwendungen liegt im Wert der Speicherarbeit, die hier von Belastungen für Grunderwerb frei ist. Einen Anhaltspunkt für die hierfür verfügbaren Mittel gibt die Arbeitsertragsziffer der Uferlänge Z_U.

Bezeichnen F die Seefläche in km², U die Uferlänge in km, h die Absenkung in m und H das unterhalb des Sees in Kraftwerken ausgenutzte Gefälle, so ist Z_U in 10^6 kWh/km:

$$Z_U = \frac{A}{U} = h\,\frac{F}{U}\,\frac{H}{450} = h\,l\,\frac{H}{450}\,.$$

$l = F/U$ ist bei großen Seen (Chiemsee, Würmsee, Atter- und Traunsee) 0,8 bis 1,2, bei kleineren, dafür höher gelegenen (Grundl-, Altaussee-, Hallstättersee) 0,35 bis 0,5; H kann bei fortschreitendem Ausbau der Donau und ihrer Zubringer für die großen Seen 300, für die höher gelegenen kleinen 500 m erreichen; wird h mit 7 m angenommen, so ergibt sich Z_a mit 7 im günstigsten und 3 im ungünstigsten Falle. Soll die Kilowattstunde Speicherarbeit mit nicht mehr als 0,005 RM für Uferschutz belastet sein, so dürfen mithin für den Kilometer Uferlänge immerhin jährlich 15 000 bis 35 000 RM an laufenden oder bei 6 % Jahressatz für Verzinsung und Instandhaltung 250 000 bis 420 000 RM an einmaligen Aufwendungen erfolgen.

Kleinspeicher.

Im Gegensatz zur Großspeicherung, die den schwankenden Abfluß über das Jahr ausgleichen soll, ist es Zweck der **Kleinspeicherung**, die tagsüber gleichmäßig zuströmende Wassermenge auf die Stunden des größten Bedarfs zusammenzudrängen. Während der Fassungsraum des Großspeichers in der Größenordnung 10^7 mal mittlere sekundliche Wassermenge liegt, beträgt der Inhalt des Kleinspeichers nur das Fünfzigtausend- bis Hunderttausendfache der mittleren sekundlichen Wassermenge. So kleinen Stauräumen droht in geschiebeführenden Wasserläufen die Gefahr rascher Verlandung. Da außerdem die dem Kleinspeicher nachfolgenden Anlagenteile seiner Bestimmung gemäß schlechter ausgenutzt sind als die vorherliegenden, strebt man an, ihn als vorgeschobenen Speicher nicht an der Wasserfassung, sondern möglichst nahe dem Ende der Oberwasserführung anzuordnen.

Hervorzuheben ist die Niederwasser-Kleinspeicherung. In Gewässern ohne oder mit unvollständigem Jahresausgleich, wenn also die winterliche Wassermenge auf die Hälfte bis ein Viertel der sommerlichen zurückgeht, ist es vorteilhaft, einen nach der Niederwassermenge bemessenen Kleinspeicher anzuordnen, der dann ziemlich leicht ausführbar und billig wird. Das Kraftwerk wird dann im Sommer als Laufwerk oder zwölfstündig, im Winter als Spitzenwerk mit acht- bis vierstündiger täglicher Benutzungszeit betrieben. Man erreicht so, daß zur Zeit der Spitze alle Maschinen im Betrieb stehen, und daß die im Winter nötige Ergänzungskraft nicht als schlecht ausgenutzte und (als Wärmekraftwerk) unwirtschaftlich zu betreibende Spitzenkraft, sondern in der Grundlast eingesetzt werden kann.

Da die Wirkung des Kleinspeichers im Tagesausgleich auf die Minute genau einsetzen muß, ist der Kleinspeicher als ein Bestandteil und als eine Entwurfsfrage des unmittelbar zugehörigen Werkes zu betrachten. Gleichwohl kann bei einer Reihe unmittelbar aufeinander folgender Werke (Kettenwerke) der Speicher des obersten Werkes auch den folgenden zugute kommen, sei es, daß die folgenden nur kleine Zwischenspeicher erhalten, die nach der Fließzeit von jedem Werk zum nächsten (diese wird meist etwa nur eine bis zwei Stunden betragen) mit einer gewissen Reserve bemessen sind, oder daß eine dreieck- und trapezförmige Spitze in der Weise ausgefahren wird, daß eine bestimmte Menge Wasser aus dem Speicher des obersten Werkes durch die ganze Kette geschickt wird, die dann zeitlich verschoben bei den tieferen Werken ankommt.

Die Bewertung der Kleinspeicher erfolgt so wie die der Großspeicher mit dem Unterschied, daß im Zähler der Güteziffern noch die jährliche Zahl der Füllungen einzusetzen ist. Diese Zahl darf nicht schematisch gleich 365 oder 300 gesetzt werden, sondern muß besonders bei Niederwasserkleinspeicherung die tatsächliche Zahl der Füllungen darstellen; sie ist aus dem Belastungsgebirge des Werkes zu ermitteln und kann bis auf 150 und 120 zurückgehen.

Richtlinien für den Ausbau und den Einsatz der Speicher.

Zunächst werden die Großspeicherräume im Flußgebiet aufgesucht und wird festgestellt, auf welchen Speicherinhalt sie ausgebaut werden können. Nicht jeder nach der Geländeform geeignet erscheinende Raum ist auch nach der Bodenbeschaffenheit für wasserdichten Abschluß geeignet. In den Ostalpen besteht ein Mangel an Großspeicherraum. Man geht darum richtig so vor, daß jeder topographisch und geologisch geeignete Speicherraum so groß ausgebaut wird, als es die natürlichen Gegebenheiten irgend gestatten, zunächst ohne Rücksicht darauf, ob sein eigenes Einzugsgebiet zu seiner Füllung ausreicht. Meist wird dies nicht der Fall sein. Dann wird durch Zuleitungen mindestens so viel Wasser aus benachbarten Einzugsgebieten herangeführt, daß der Speicher im Lauf eines Sommers gefüllt wird. Dann muß das Kraftwerk als Winterkraftwerk betrieben werden.

Wie weit dann die unterhalb des Großspeichers auszubauende Stufe bemessen ist, darüber entscheidet

1. die Gestalt des Gebirges, die meist zwingend darauf hinweist, daß der Druckstollen nur bis zu einem bestimmten Punkt geführt werden kann, so daß dort zur nächst tieferen Stufe übergegangen werden muß;
2. ein auf tieferer Stufe befindlicher Großspeicherraum;

3. die Möglichkeit, auf einer bestimmten tieferen Stufe bedeutende zusätzliche Wassermengen fassen zu können.
4. Auch die Örtlichkeiten, an denen vorgeschobene Kleinspeicher erstellt werden können, werden für die Stufeneinteilung richtunggebend.

Weiter wird die Entwurfsarbeit beeinflußt durch die gebotene Rücksichtnahme auf andere Wassernutzungen. Als solche kommen in Betracht: 1. Bewässerung, 2. Vorflut für Abwässer, 3. Fischerei, 4. Holztrift, Flößen, Schiffahrt und 5. Naturschutz.

Die Bewässerung spielt in den Alpen keine Rolle. Die Wasserläufe dienen alle der Entwässerung der sehr niederschlagsreichen Gebiete, die nirgends auf eine Wasserzuführung aus den Flüssen angewiesen sind. Aus den industriellen und städtischen Abwässern werden zweckmäßig Wertstoffe gewonnen; damit werden auch die Hindernisse beseitigt, die aus der Rücksicht auf die Abwässer dem Kraftausbau erwachsen würden. Die Fischerei wurde durch die regellose Behandlung der Abwässer schwer geschädigt, durch den Wasserkraftausbau kann dies niemals geschehen. Wieweit Holztrift und Flößerei gegenüber der Ausnutzung der Wasserkräfte berücksichtigt werden müssen, wird von Fall zu Fall entschieden werden müssen. Es besteht die Möglichkeit, durch zeitweise Wasserabgabe aus Speichern (Kleinspeicher genügen) für die Zeit des Triftens oder Flößens genügend hohen Wasserstand herzustellen. Die Schiffahrt im Hauptstrom gewinnt bei Wasserkraftausbau durch Überstauen von Schiffahrtshindernissen, Herstellung größerer Fahrwassertiefe in den Stauräumen, Entfall der Notwendigkeit, infolge des Wanderns der Sandbänke das Fahrwasser mühsam immer wieder neu suchen zu müssen, mehr, als die Behinderung durch das Schleusen sie belastet. Das Naturbild darf durch die Bauten und durch den Wasserentzug aus den natürlichen Gerinnen nach Möglichkeit nicht beeinträchtigt werden; durch die Schaffung großer Stauseen in oberen Lagen wird das Naturbild sicherlich gewinnen.

Folgt man den Hinweisen, die in den bisher besprochenen Voraussetzungen für den Entwurf enthalten sind, dann wird man zwangläufig auf jene Gestaltung der Anlagen geführt, die die beste Ausnutzung der natürlichen Dargebote bringt. Es entstehen dann nicht einzelne Kraftwerke, sondern eine geschlossene Anlage, in der jedes einzelne Kraftwerk seine ganz bestimmte Aufgabe, seine bestimmte Stellung als Glied des Ganzen hat.

Wasserkraftvorkommen in der Ostmark.

Die Ostmark gehört den Flußgebieten der Donau und des Rheins an. Von Donauzuflüssen münden die Drau und deren Nebenfluß, die Mur, nicht mehr innerhalb der Reichsgrenzen, so daß diese Flußgebiete für unsere Wasserkraftnutzung als selbständig zu betrachten sind. Ein kleiner Teil im Norden von Niederdonau und das neu gewonnene Gebiet an der Nordgrenze von Oberdonau gehört zum Flußgebiet der Elbe (Abb. 4).

Das Rheingebiet ist im wesentlichen das Land Vorarlberg; es umfaßt die Rheinzuflüsse Ill und Bregenzer Ache und einige kleinere. Das Gebiet der Ill wird seit 1923 von den Vorarlberger Illwerken bearbeitet; hier ist seit 1930 ein der Stromlieferung in das Rheinland dienendes Großkraftwerk in Betrieb, das jetzt durch ein in höherer Lage im Bau befindliches Großspeicherwerk in die Lage versetzt wird, hochwertige Winterarbeit zu liefern; eine weitere darunter liegende Stufe wird die Ausnutzung des Großspeichers verbessern. Daneben wird der Bau einer zweiten Kraftwerksgruppe (Lünersee) mit Großspeicher in Angriff genommen. Die gegenwärtig in Betrieb und im Bau befindlichen Anlagen der Illwerke bringen eine Jahresarbeit von 1 Mrd kWh, insgesamt dürfte nach verschiedenen unabhängigen Schätzungen aus dem ganzen ostmärkischen Rheingebiet eine Jahresarbeit von 2 Mrd kWh zu gewinnen sein.

Im Osten schließt das Gebiet des größten deutschen Nebenflusses der Donau an, des Inn. Die Brennersenke teilt das tirolische Inngebiet deutlich in zwei Gruppen: die Westtiroler und die Zillertaler Gruppe. Die Westtiroler Gruppe ist ausgezeichnet durch große, hochgelegene Einzugsgebiete mit reicher Vergletscherung, ziemlich hohem Niederschlag und einige ausgezeichnete hochgelegene Großspeicherräume. Dazu kommt der Inn selbst, der bereits mit einem Einzugsgebiet von 1000 km² und einer jährlichen Wassermenge von 800 bis 1000 Mill m³ das Reichsgebiet betritt und von der Reichsgrenze bis

Abb. 4. Wasserkraftgebiete der Ostmark, westlicher Teil.

Innsbruck ein Gefälle von 500 m hat. Hier drängt sich auf kleinem Raum ein besonders großes Kraftdargebot zusammen. Geringer sind die Höhen, Einzugsgebiete und Niederschläge in der Zillertaler Gruppe, doch ist auch dort noch reiche Ausbeute gesichert.

Es folgt das Gebiet der Salzach (das dazwischenliegende Großache-Alz-Gebiet läßt auf ostmärkischem Boden keine große Ausbeute erhoffen), des größten Nebenflusses des Inn. In seinem oberen Teil ist es das reich vergletscherte und niederschlagsreiche Gebiet der Hohen Tauern, das zwar der Ötztaler Gruppe an Größe der hochgelegenen Einzugsgebiete nachsteht, jedoch ebenfalls zu den ausgezeichneten Kraftspendern gehört[1]). Auch dieses Gebiet ist eine außerordentlich wertvolle Kraftquelle, vor allem dank der ausgezeichneten Speicherräume im Krimmler und Kapruner Tal. Sinngemäß gehört zu den betrachteten Gebieten noch der Unterlauf von Inn und Salzach. Dort ist hochwertiger Ausbau in einer Kette von Laufwerken möglich, deren Winterarbeit durch die Großspeicher im Oberlauf beider Flüsse fühlbar verbessert wird.

Südlich der Tauern liegt das oberste Draugebiet, in seinem nördlichen Teil so wie das Salzachgebiet von den Gletschern der Hohen Tauern gespeist und durch einige günstige Großspeicherräume ausgezeichnet. Die Lage der Speicher ergibt, daß ein Teil der südseitigen Tauernabflüsse vorteilhaft nach Norden überzuleiten ist. Der südliche Nebenfluß, die Gail, empfängt vom Mittelmeer her die größten Niederschlagshöhen der Ostmark, doch dürfte es hier an Großspeicherräumen fehlen, so daß die Voraussetzungen für die Ausnutzung dieses Flusses minder günstig sind.

Der nächste Nebenfluß der Donau ist die Traun (Abb. 5), deren Einzugsgebiet zwar nicht sehr hoch liegt, aber durch großen Niederschlagsreichtum und viele Großseen ausgezeichnet ist. Wenn es einmal gelingen wird, die Seen dieses Gebietes in der früher gekennzeichneten Art als Speicher auszunutzen, dann ist hier eine Jahres-

[1]) Entsprechende Pläne wurden 1929 ausgearbeitet: ETZ 50 (1929) S. 239, 359, 1215; 51 (1930) S. 99, 185; 52 (1931) S. 88, 660, 1231. Zusammenfassend wurde hierüber kürzlich berichtet: ETZ 59 (1938) S. 9[illegible].

arbeit von etwa 1 Mrd kWh in gut ausgeglichener Form zu erhalten.

Es folgt die Enns mit Steyr und Salza, dank ihrer Lage nächst dem steirischen Industriegebiet und nicht allzufern von Wien die wichtigste Kraftquelle für den Eigenbedarf der Ostmark. Bei der Durchbruchstrecke des „Gesäuses" legt der Fluß auf 16 km Länge ein Gefälle von 200 m zurück und bietet eine halbe Mrd kWh. Die folgende Strecke ist bis zum Austritt aus dem Gebirge durchweg für Ausbau in einer Treppe von Mitteldruckwerken geeignet, die unterste Strecke bis zur Mündung für Ausbau mit Seitenkanal. Eine Gruppe von Großspeicherwerken im Oberlauf bringt eine notwendige Ergänzung durch wenigstens teilweisen Jahresausgleich.

Der Enns ziemlich ähnlich ist ihr südlicher Nachbar, die Mur; ihr Einzugsgebiet ist jedoch wesentlich nieder-

Abb. 5. Wasserkraftgebiete der Ostmark, östlicher Teil.

schlagsärmer und bringt je Flächeneinheit nur die Hälfte des Abflusses gegenüber dem Ennsgebiet. Der Mittellauf des Flusses ab Leoben und sein größter Zubringer, die Mürz, sind infolge der Lage im steirischen Industriegebiet bereits stark ausgebaut. Der Oberlauf ist aber noch kaum benutzt. Großspeicher fehlen bisher, sie werden sich unter gewissen Schwierigkeiten schaffen lassen. Ein Nebenfluß der Mur, die Teigitsch, treibt ein für die Versorgung der Steiermark wichtiges Kraftwerk von etwa 30 MW mit Wochenspeicher, die geplanten Großspeicherwerke oberhalb davon, die die Leistungsfähigkeit des Werkes im Winter verbessern sollten, sind noch nicht gebaut.

In Kärnten sind die Drau in ihrem Mittellauf, verbessert durch die Wirkung der erwähnten Großspeicher in den südlichen Tauerntälern, dann der 350 m über dem Drautal liegende, als Großspeicher in Betracht kommende Weißensee die hauptsächlichsten Kraftquellen. Außerdem kommt eine kleinere Gruppe von Speicherwerken mit großem Gefälle, die Mühldorfer Gruppe, dann die letzten Abflüsse der Hohen Tauern, Lieser und Malta, als Kraftquellen in Betracht. Weiter östlich bietet die Mittelgebirgslandschaft des Gurktals noch einige bescheidene Möglichkeiten zur Kraftnutzung.

Unter den nördlichen Donauzuflüssen sind jene mit stark bewaldetem Einzugsgebiet, Ranna, Große und Kleine Mühl, Kamp als Kraftträger zu werten, die beiden ersten sind in ihren unteren Stufen bereits ausgebaut. Großspeicher in den oberen Stufen werden auch hier bessere Ausnutzung der bestehenden Anlagen bringen. Für den Kamp kommt ein Ausbau in einer Treppe von mittelhohen Talsperren, ähnlich wie im Riesengebirge, in Betracht. Verglichen mit den großen Dargeboten der Hochalpenflüsse spielen diese Gewässer aber ebenso wie die südlichen Donauzuflüsse östlich der Enns eine bescheidene Rolle, ihre Kraftwerke werden nur wenig über örtliche Bedeutung hinauskommen.

Der größte Kraftträger der Ostmark ist die Donau selbst, die bei Passau mit einer mittleren Wassermenge von 1500 m³/s das Land betritt, dort ein Gefälle von 170 m zurücklegt und auf dieser Strecke einen Zuwachs an Wasser auf 2000 m³/s Jahresmittel erhält. Die ganze Strecke eignet sich vorzüglich für den Kraftausbau, ihr Rohdargebot beträgt 20 Mrd kWh jährlich. Wieviel davon

Abb. 6. Verbundbetrieb von Groß- und Kleinspeicherwerken, Laufwerken, Dampfkraftwerken.

im Laufe der Zeit unter verschiedenen widerstreitenden Einflüssen ausgenutzt werden wird, bleibt abzuwarten. Ist diese Arbeitsmenge auch nicht jahresausgeglichen (obwohl die in höheren Stufen liegenden Großspeicher den natürlichen Zustand schon fühlbar verbessern werden), so wird es bei geschicktem Ausbau und ebensolcher Betriebsführung möglich sein, bei Niederwasser einen Schwellbetrieb mit starker Zusammendrängung der Krafterzeugung auf die Spitzenzeit zu führen.

Die Aussicht, durch Großspeicher etwas für die Verbesserung der Ausnutzung des Einzugsgebietes der Loisach und der Isar tun zu können, ist gering wegen der geringen Zuverlässigkeit des Kalkbodens. Eine Sonderstellung nimmt der Lech ein (Abb. 4), ein wilder Geschiebeträger, an dem der Wasserbauer wenig Freude erleben wird. Der Lech soll aber die Scheitelhaltung des Rhein – Main – Donau-Kanals speisen, und darum ist sein Jahresausgleich wichtig. In diesem Zusammenhang ist die Möglichkeit wertvoll, in den Plansee bei Reutte ziemlich große Wassermengen aus dem Lech hochzupumpen und damit etwas für den Jahresausgleich zu erreichen. Wegen des geringen Gefälles ist die energiewirtschaftliche Ausbeute gering.

Ausnutzbare Energie und ihre Verwertung.

Insgesamt wird jetzt die nutzbar zu gewinnende jährliche Ausbeute an Wasserkraftarbeit aus der Ostmark mit 20 Mrd kWh eingeschätzt. Diese Einschätzung ist noch eher vorsichtig als optimistisch. Es ist nicht ohne Interesse, sie mit der alten offiziellen österreichischen Schätzung der ausbauwürdigen Leistung von „1,6 Mill PS" zu vergleichen. Diese Schätzung bezieht sich auf Niederwasser. Die Leistung bei Mittelwasser, ohne Tagesspeicherung, kann ruhig zweifach größer angenommen werden. 3,2 Mill · 0,736 · 8760 ist aber genau 20 Mrd.

Es entsteht nun die Frage, was kann Deutschland mit dieser Energie anfangen?

Da die Energie entsprechend der langen Bauzeit der Wasserkraftwerke im Hochgebirge allmählich und nicht plötzlich auftritt, wird eine Verwendung stets möglich sein, besonders im Hinblick darauf, daß der Energiebedarf Großdeutschlands sprunghaft steigt.

Da die Energiequellen an der Grenze des Reiches liegen, muß die erzeugte Arbeit auf weitere Entfernungen übertragen werden. Dies wird am zweckmäßigsten mit einem Hochvoltnetz geschehen.

Für das Zusammenarbeiten der Wasserkraft mit der Dampfkraft kann das in Abb. 6 gezeigte Belastungs-

gebirge eines Halbjahres als Vorbild dienen. Die Spitze wird, dank der Speicher und besonders der Niederwasser-Kleinspeicherung, grundsätzlich den Wasserkraftwerken anvertraut. Dampfkraftwerke werden möglichst in der Grundlast eingesetzt, sämtliche beteiligten Werke und auch die Übertragungsleitungen erhalten günstige Benutzungsdauer.

Einige wichtige Stellen für die Energiegewinnung.

Die energiewirtschaftlich wichtige Eigenschaft der Gletscher besteht darin, daß ihr Abfluß nicht den Niederschlag des laufenden Jahres darstellt, sondern daß hier Niederschläge verbraucht werden, die vor Jahrzehnten, ja selbst Jahrhunderten gefallen sind und seither als Eis aufgespeichert wurden. Die Niederschläge des laufenden Jahres in der Hochregion werden in der gleichen Weise gespeichert. Das Abschmelzen dieses Eisvorrates durch die Bodenwärme und in viel stärkerem Maße durch die Sonnenwärme im Sommer bestimmt die Wasserspende des Gletscherbaches. Diese ist somit gerade in sonnigen, niederschlagsarmen Jahren besonders groß, während die übrigen Gewässer an Wassermangel leiden; umgekehrt ist der Gletscherabfluß geringer in regenreichen, sonnenarmen Jahren, die wieder den übrigen Gewässern reichliche Abflußmengen bringen. Wenn auch die Gletscher nur einen geringen Teil der gesamten Fläche des Landes bedecken, so wird ihre energiewirtschaftliche Bedeutung doch durch zwei Umstände vergrößert: erstens, daß ihre Abflüsse je Flächeneinheit an sich reichlicher sind als jene der tieferen Lagen und daß diese Abflüsse fast ganz für die Kraftnutzung faßbar sind, zweitens, daß die Aufspeicherung in großen Höhen und daher mit hohem Arbeitswert erfolgen kann. Die Abb. 7 und 8 zeigen in der Ausdehnung und im Gletscherbruch die Mächtigkeit (oft über 100 m) der Eismassen.

Abb. 7. Mittelbergferner (Westtirol).

Abb. 8. Eisbruch des Mittelbergferners.

Abb. 9. Der obere Krimmler-Fall (Tauern).

Die Abb. 9 zeigt eine der zahlreichen Stellen mit besonders günstigen Voraussetzungen für die Kraftgewinnung, weil sich an solchen großes Gefälle auf ganz kurze Länge zusammendrängt. Natürlich ist es nicht ohne weiteres zulässig, solche Naturdenkmäler zu zerstören, es muß ein Ausgleich zwischen Naturschutz und Kraftausbau gefunden werden.

Zusammenfassung.

Der Ausbau der Wasserkräfte erschöpft sich nicht in der zusammenhanglosen Errichtung zahlreicher als Einzelanlagen gedachter Kraftwerke, sondern strebt an, für jedes Flußgebiet zur Ausnutzung seines Kraftdargebotes eine Gesamtanlage zu schaffen, deren sinnvolle Glieder die einzelnen Kraftwerke sind und deren Aufgabe es ist, vom Rohdargebot einen möglichst großen Teil nutzbar zu machen. Zweckmäßige Speicherwirtschaft und ein den höchsten Gesamtnutzen bringender Ausgleich zwischen Kraftgewinnung und den anderen Wassernutzungen kann nur bei dieser Auffassung sichergestellt werden. Die in der Ostmark nutzbar zu machenden Wasserkräfte werden mit etwa 20 Mrd kWh jährlich noch immer eher vorsichtig als optimistisch eingeschätzt. Inwieweit diese Zahl erreicht oder überschritten werden wird, wird u. a. besonders auch davon abhängen, bis zu welchem Grade es gelingen wird, die gewaltigste Kraftquelle in der Ostmark, die Donau, deren Rohdargebot allein etwa 20 Mrd kWh jährlich beträgt, tatsächlich zur Kraftgewinnung heranzuziehen. Auf jeden Fall wird die Nutzbarmachung der ostmärkischen Wasserkräfte in der großdeutschen Energiewirtschaft allen Zweigen der Technik, besonders der Elektrotechnik, eine Fülle großer neuer Aufgaben stellen.

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.

Ausschuß für Errichtungsvorschriften I.

Aus gegebener Veranlassung können auf Wunsch des Vorsitzenden des VDE gegen die in ETZ 59 (1938) H. 44, S. 1183 veröffentlichten Änderungen von

VDE 0100 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V"

begründete Einsprüche bis zum 15. Juni 1939 an die Geschäftstelle eingereicht werden.

Der Ausschuß für Errichtungsvorschriften I hat einen Entwurf zu einer geänderten Fassung von § 31 d) von

VDE 0100/X. 38 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V"

aufgestellt, der nachstehend bekanntgegeben wird:

„d) Steckdosen müssen mit Schutzkontakt versehen sein. Die Bestimmungen in § 3 c), 3^1 und 3 e) sind besonders zu beachten.

In Baderäumen dürfen Schalter und Steckdosen von der Badewanne aus nicht erreichbar sein. Diese Vorschrift findet keine Anwendung auf Einbauschalter von festinstallierten Geräten, die nach ihrem Verwendungszweck eine Anbringung innerhalb des Handbereichs von der Badewanne aus erfordern (z. B. Heißwasserspeicher). Die Art des Einbaus derartiger Schalter im Gerät muß dabei so sein, daß die Möglichkeit unbeabsichtigter, die Sicherheit beeinträchtigender Beschädigung ausgeschlossen und die Entfernung der Schalterabdeckung nur mit Werkzeug möglich ist. Das Betätigungsorgan des Schalters muß aus Isolierstoff bestehen und durch versenkten Einbau gegen Beschädigungen geschützt sein. Die der Berührung zugänglichen Metallteile des Schalters müssen in die für das Gerät selbst vorgesehenen Schutzmaßnahmen miteinbezogen sein."

Begründete Einsprüche gegen diesen Entwurf sind der Geschäftstelle bis zum 15. Juni 1939 einzureichen.

Ausschuß für Isolierstoffe.

Der Ausschuß für Isolierstoffe hat durch seinen Unterausschuß „Faserstoffe" eine Änderung von

VDE 0318 „Leitsätze für Hartpapier und Hartgewebe"

aufstellen lassen, die die Einführung zweier neuer Klassen von Hartgewebeplatten aus Zellwolle betrifft und als Entwurf in ETZ 60 (1939) S. 600 veröffentlicht ist. Gleichzeitig ist eine entsprechende Ergänzung des Normblattes DIN 7701 „Kunstharzpreßstoffe, warmgepreßt" unter „B. Geschichtete Preßstoffe" veranlaßt worden.

Begründete Einsprüche zu dem vorerwähnten Entwurf der Änderung von VDE 0318 sind bis zum 5. Juni 1939 bei der Geschäftstelle einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Geschäftsführer:
Blendermann

VDE-Fachberichte 1939 — Programmheft.

Das Programmheft der VDE-Fachberichte 1939, die während unserer 41. Mitgliederversammlung in Wien am 1. und 2. Juni vorgetragen werden, ist soeben erschienen. Das Heft im Umfange von 32 Seiten Dinformat A 5 enthält den genauen Zeitplan, Angaben über Zeit und Ort der Fachberichte, alphabetische Übersichten über die Einführenden und Fachberichterstatter sowie vor allem Inhaltsangaben der einzelnen Vorträge.

Den Teilnehmern an der Mitgliederversammlung wird das Programmheft zusammen mit dem Teilnehmerheft vor der Tagung zugestellt. Im übrigen kann es von der Geschäftstelle des VDE, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, kostenlos bezogen werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im VDE-Haus, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
17. 5. 1939 „Angewandte Elektronenoptik", 1. Abend.

Kabel und Leitungen. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. O. Gasser VDE.
22. 5. 1939 „Seekabel und ihre Verlegung", Vortragender: Oberingenieur Joh. Fischer.

Elektrische Bahnen. Leiter: Reichsbahn-Bauassessor Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.
23. 5. 1939 Vortragsreihe „Europäische Gleich- und Wechselstrombahnen": „Italienische Gleichstrombahnen für 3000 V". Aus dem Bericht einer Studienreise von Dr. H. Kother VDE.

Stromrichter. Leiter: Dr.-Ing. E. Kübler VDE.
24. 5. 1939 „Der Stromrichtermotor", Vortragender: Dr.-Ing. M. Stoehr VDE.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
25. 5. 1939 Vortragsreihe „Ultrakurz- und Dezimeterwellentechnik": Bremsfeldröhren", Vortragender: Dr. W. Kleinsteuber. Beginn: 18^{00} im Hörsaal 120 der T. H.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Bergisch-Land, Wuppertal-Elberfeld. 23. 5. (Di), 20^{15}, Saal der Technik: „Der Geist der Plassenburg". (Erlebnisbericht eines Berufskameraden.) Obering. Neumann VDE.

VDE Bezirk Essen. (Gemeinsam mit dem Haus der Technik.) 22. 5. (Mo), 19^{15}, Haus der Technik: 1. „Die Bedeutung der Elektrisierung für den neuzeitlichen Maschinenbetrieb unter Tage". Dr.-Ing. Bohnhoff VDE. 2. „Die neuen Errichtungs- und Schlagwetterschutz-Vorschriften in ihrem Einfluß auf die Ausgestaltung der elektrischen Anlagen unter Tage". Obering. Wenzel VDE.

VDE Bezirk Nordsachsen, Leipzig. 20. 5. (Sa), 14^{30}, Autobushof Lützner Str. 125: „Besichtigung des Oberleitungsomnibusbetriebes der Leipziger Verkehrsbetriebe".

VDE Bezirk Ostsachsen, Dresden. 25. 5. (Do), 19^{45}, T. H. El. Inst.: „Luftschutzbeleuchtung in industriellen Betrieben". Obering. Schöne VDE.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft.

1. Bezirksgruppe Leipzig-Nord-Westsachsen. 23. 5. (Di), 20^{00}, Neues Grassimuseum: „Bedeutung der Metalldampflampen in der modernen Beleuchtungstechnik" (m. Lichtb. u. Vorführ.). Dipl.-Ing. H. Sick.

2. Bezirksgruppe Schlesien. a) 23. 5. (Di), 20^{00}, Handelskammer Breslau, Graupenstr. 15, b) 24. 5. (Mi), 20^{00}, „Haus Oberschlesien", Gleiwitz: „Die Aufgaben des Lichtes in Technik und Wirtschaft" (m. Lichtb.). Dr. W. Köhler. Anschließend Kulturtonfilm „Licht".

Physikalische Gesellschaft zu Berlin und Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Berlin. 24. 5. (Mi), 19^{00}, T. H.: „Elektronenspektren fester Körper". G. Joos.

Verein deutscher Gießereifachleute, Berlin. 2. bis 4. 6. (Fr bis So): 28. Hauptversammlung bei Kroll mit 15 Vorträgen und Besichtigung der Mitteldeutschen Stahl- und Walzwerke Friedrich Flick A.G., Brandenburg (Havel). Näheres durch die Geschäftsstelle: Berlin NW 7, Unter den Linden 18.

Verein Deutscher Ingenieure, Arbeitsgemeinschaft Betriebsschutz, Berlin. 1. bis 3. 6. (Do bis Sa), Bad Ems: 41. Haupttagung mit 14 Vorträgen, Feuerlöschvorführungen und geselligen Veranstaltungen. Näheres durch die Geschäftsstelle: Berlin NW 7, Ingenieurhaus.

Verein Deutscher Ingenieure, Arbeitsgemeinschaft Kältetechnik, Berlin. 22. u. 23. 5. (Mo u. Di): Tagung in Dresden. Näheres durch die Geschäftsstelle: Berlin NW 7, Ingenieurhaus.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

W. Lorentz †. — Am 25. Februar 1939 verschied nach einer Operation der langjährige Betriebschef des Elektrischen Betriebes der Burbacher Hütte, Herr Willi Lorentz VDE, im Alter von 66 Jahren. Er stammte aus Glauchau i. S., hatte in Hannover und Charlottenburg studiert und sich seine ersten Sporen als Elektroingenieur beim Büro der Helios-Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin verdient, wo er vier Jahre tätig war. Anschließend war er zwei Jahre Montageingenieur bei Schuckert & Co. in Nürnberg.

Am 1. 4. 1901 hatte ihn die Burbacher Hütte in Saarbrücken zur Durchführung der Elektrisierung des Werkes gewonnen. Seine erste große Aufgabe war die Errichtung einer Großgasmaschinenzentrale, die er auch mit dem damals fast noch ungereinigten Gichtgas in Betrieb nahm. Durch das Gelingen dieses Wagnisses wurde Lorentz richtunggebend für die kommende Entwicklung der Hüttenwerkszentralen. Mit der Erbauung des neuen Thomasstahlwerkes 1908 führten seine Betriebserfahrungen, zusammen mit den Arbeiten des späteren Direktors der AEG, Herrn Schiebeler, zu der heute Allgemeingut gewordenen Erkenntnis, daß die Bemessung der elektrischen Kranausrüstungen nach der Schalthäufigkeit und der Einschaltdauer zu erfolgen hat. Es darf hier nicht unerwähnt bleiben, daß Lorentz der erste war, der eine 400er schwungradlose Blockschere mit Arbeitsreglerantrieb aufstellte. Sind damit aus seinem technischen Wirken zunächst nur diese wenigen, jedoch bedeutungsvollen Arbeitsgebiete herausgegriffen, so wird man ihm in seinem ganzen Umfange erst gerecht, wenn man feststellt, daß Lorentz in nahezu 40jähriger Arbeit die Hütte in ihrer elektrischen Ausrüstung von allerkleinsten Anfängen an zu einem der am besten eingerichteten Werke des Saargebietes entwickelt hat, dessen elektrische Anlagen von den liefernden Firmen stets voller Stolz der Kundschaft gezeigt werden. Mit jugendlichem Schwunge und zähem Arbeitseifer überwand Willi Lorentz alle Schwierigkeiten und schuf sich so das schönste Denkmal des Ingenieurschaffens: den bleibenden Erfolg. Aber auch ein anderes Denkmal hat er sich in den Herzen aller gesetzt, die mit ihm zusammen arbeiteten: Er war ihnen ein Vorbild peinlicher Gewissenhaftigkeit und treuester Pflichterfüllung, ein fürsorgender Kamerad und ein Mitarbeiter von vornehmer Gesinnung.

Hochschulnachrichten. — Der ao. Prof. an der T. H. Breslau, Herr Dr.-Ing. Paul Böning VDE, wurde vertretungsweise zum ord. Prof. für Theoretische Elektrotechnik und Elektromaschinenbau an der gleichen Hochschule ernannt.

Auszeichnungen. — Herrn Geh. Reg.-Rat Dr. Arnold Sommerfeld, ord. Prof. der Theoretischen Physik an der Universität München, wurde von der Abteilung Naturwissenschaften der Königlich Niederländischen Akademie der Wissenschaften die Lorentz-Medaille verliehen.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 62.008

Gedanken und Wege zur Stärkung der deutschen Arbeitskraft. Reichsarbeitstagungen 1936 und 1937. Herausg. von der Deutschen Arbeitsfront, Fachamt Eisen und Metall. Mit 405 S. im Format A 5. Verlag der Deutschen Arbeitsfront G. m. b. H., Berlin 1938. Preis kart. 2 RM.

Das Fachamt Eisen und Metall der Deutschen Arbeitsfront hat in den Jahren 1936 und 1937 zwei Arbeitstagungen veranstaltet, wo die verschiedensten Probleme der von diesem Fachamt betreuten Industrie, insbesondere der Leistungsgedanke, von maßgebenden Männern behandelt worden sind. Uns Elektrotechniker interessieren neben den grundlegenden Vorträgen von Dr. Ley, Fachamtsleiter Jäzosch, Generalmajor von Hannecken und Pg. Dickwach in erster Linie die Betrachtungen, die sich mit der Elektroindustrie befassen, und zwar insbesondere die Abhandlungen über „den Qualitätsgedanken in der Elektroindustrie" von Hitzbleck, dem Leiter der Fachgruppe „Apparate" der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie. Wenn die deutsche Elektroindustrie jetzt in der ganzen Welt eine entscheidende Stellung einnimmt, so ist dieses in erster Linie auf die Qualitätsarbeit der Elektroindustrie zurückzuführen. Die hohe Qualität der deutschen Elektroerzeugnisse ist aber nicht nur das Ergebnis einer sorgfältigen Ausbildung des deutschen Facharbeiters, sondern auch bedingt durch die Arbeit des VDE, der ja hier bahnbrechende Arbeit geleistet hat. W. Willing VDE.

DK 62 (038)

Technisches Französisch. Lehr- und Nachschlagebuch der französischen Sprache auf technischem Gebiet. Von K. Stellhorn. 1. und 2. Teil. Mit 244 S. im Format A 5. Verlag W. Girardet, Essen 1938. Preis kart. 5,40 RM.

Das vorliegende Buch, „Technisches Französisch", ist zum Studium für alle trefflich geeignet, die sich gute Kenntnisse in französischen Fachausdrücken der Technik verschaffen wollen. Es ist in erster Linie ein Lehr- und Übungsbuch, was durchgearbeitet werden will, wenngleich große Mühen damit nicht verbunden sind, da in bequemer Form den Übungsstoffen die Vokabeln beigefügt wurden. Allerdings setzt es hinreichend gute Kenntnisse der französischen Sprache voraus, denn es will und kann bei der Schwierigkeit des Stoffes kein Werk für Anfänger sein. Erfreulicherweise sind jedoch aus der Grammatik die im Rahmen dieses Buches wichtigsten Kapitel eingeschaltet, so daß jedem die Möglichkeit gegeben ist, vergessene Kenntnisse wieder aufzufrischen. Auch der Eigenart des französisch-kaufmännischen Schriftwechsels und der Handels-Terminologie sind ausführliche Abhandlungen gewidmet worden, die einen reichen Schatz an Worten und Wendungen bergen. Das im Anhang gebrachte Wörterverzeichnis ist vorzüglich zusammengestellt und gibt dem Studierenden durch seine Texthinweise einen guten Schlüssel zur Wahl des richtigen Ausdruckes.

Bei einer späteren Auflage wäre zu empfehlen, daß das Buch in fachlicher Richtung hin noch eine Erweiterung erführe, wobei insbesondere der Elektrotechnik und der Chemie Rechnung zu tragen wäre. Abschließend ist zu sagen, daß das Buch hält, was es im Vorwort des Verfassers verspricht: Ein Lehrbuch und Wegweiser zum Technischen Französisch zu sein.

G. Kipping.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Privatdozent Dr.-Ing. K. Krauß VDE, Wien III, Beatrixgasse 26.
Dr. A. Kuntze VDE, Düsseldorf-Bilk, Völklinger Str. 40.
Dr.-Ing. H. Möller VDE, Berlin SW 61, Blücherstr. 62.
Dr.-Ing. P. M. Pflier VDE, Berlin-Charlottenburg, Lietzensee-Ufer 9c.
Dr.-Ing. F. Zimmermann VDE, Wien XVIII, Michaelerstr. 7.

Abschluß des Heftes: 12. Mai 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
60. Jahrgang | Berlin, 25. Mai 1939 | Heft 21

Zur VDE-Tagung in Wien.

Von E. Wist VDE, Wien.

Durch den Anschluß der Ostmark war zum erstenmal die Möglichkeit gegeben, die Tagung des Verbandes in Wien abzuhalten. Wir freuen uns, die Fachgenossen aus dem Altreich zu der 41. Jahresversammlung des VDE in Wien begrüßen zu können.

Den deutschen Elektrotechnikern werden in Wien nicht nur die neuesten Forschungen und Erkenntnisse ihres Fachgebietes durch Vorträge und Aussprachen vermittelt, sondern es werden ihnen auch die Arbeitsstätten der wissenschaftlichen Lehre und Forschung und Werkarbeit gezeigt werden. Diese Arbeitsstätten wurden in Wien stets besonders gepflegt und ausgebaut. Sie stammen größtenteils aus den ersten Anfängen der Elektrotechnik und erfreuen sich sowohl im In- als auch im Auslande der allergrößten Wertschätzung, weshalb aus Anlaß der Wiener Tagung des VDE etwas näher auf sie eingegangen werden soll.

Von Persönlichkeiten, die aus Wien stammen und die richtunggebend auf die Entwicklung der Elektrotechnik waren, ist in erster Linie der am 1. 9. 1858 in Wien geborene Carl Freiherr Auer von Welsbach zu nennen[1]). Er studierte in Heidelberg bei Bunsen und arbeitete dann an der Wiener Universität über seltene Erden und entdeckte hierbei vier neue Elemente. Auers Erfindungen auf dem Gebiet des Beleuchtungswesens waren umstürzend. 1893 erfand er das Gasglühlicht, das wohl die ganze Welt eroberte, 1898 entwickelte er die Osmiumlampe, die erste technisch verwendbare und fabrikmäßig hergestellte Metallfadenlampe, der unmittelbare Vorläufer unserer Wolframfaden- bzw. -drahtlampe. 1903 erfand er das als Auermetall bekannte Cereisen, das in aller Welt in den Feuerzeugen verwendet wird. Er ist der Begründer der Treibacher Chemischen Werke, in deren Nähe er sich auf Schloß Welsbach, fernab von der lauten Welt bis zu seinem Tode im Jahre 1929 emsiger Forschungsarbeit widmete.

Fot.: Österr. Lichtbildstelle, Wien.

Der Stephansdom.

Im Zusammenhang mit der Schaffung der ersten Berechnungsgrundlagen der Gleichstrommaschine und der Wechselstromtechnik ist noch der am 2. 9. 1852 in Mauer bei Wien als Sohn eines Ostmärkers geborene und in aller Welt bekannte Gisbert Kapp zu erwähnen. Er war von 1894 bis 1905 Generalsekretär des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, Hauptschriftleiter der ETZ und Privatdozent an der Charlottenburger Hochschule; später ging er als Professor an die Universität in Birmingham. Seine Werke über die elektrische Energieübertragung, Generatoren, Transformatoren, Vorherbestimmung der Kenn-

[1]) Ausführliche Würdigung: ETZ 49 (1928) S. 1424.

linien der Dynamos, Transformatoren für Wechselstrom und Drehstrom und über elektromechanische Konstruktionen gehören zu den grundlegenden und klassischen Werken der Elektrotechnik.

Die Technische Hochschule in Wien, die auf eine vorbildliche wissenschaftliche und praktische Ausbildung von Ingenieuren den größten Wert legt, kann auf eine über 100jährige Entstehungsgeschichte zurückblicken. Im Jahre 1815 wurde das Polytechnische Institut auf Grund des Organisationsentwurfes von Josef Prechtl ins Leben gerufen; es wurde, wie es im Dekret[2]) ausführlich heißt, der Philosophischen Fakultät der Universität Wien gleichgestellt und besaß somit den Rang einer Hochschule. 1818/19 wurde das neuerbaute Gebäude mit dem schönen Festsaal am Karlsplatz bezogen; es ist heute noch das Hauptgebäude der Technischen Hochschule.

Auf der Vorderfront stehen die Widmungsworte des Gründers: „Der Pflege, Erweiterung, Veredlung des Gewerbefleißes, der Bürgerkünste und des Handels!"

Im Jahre 1882 wurde entsprechend der Entwicklung der Elektrotechnik beschlossen, diese im Lehrplan der Technischen Hochschule aufzunehmen. Zuerst wurde Prof. Pierre beauftragt, Vorlesungen über „Anwendungen der Elektrizität im Maschinenwesen" zu halten. Im Jahre 1883 wurde eine ordentliche Lehrkanzel für Elektrotechnik geschaffen und Prof. Dr. von Waltenhofen berufen, der als Wissenschaftler weit über die Landesgrenzen bekannt war. Im Wintersemester 1884/85 wurde das erste elektrotechnische Laboratorium eröffnet. 1883 habilitierte sich Max Jüllig für Eisenbahnsignalwesen und Telegraphie und vertrat dieses Fach bis 1926. Im Jahre 1900 erfolgte die Berufung des Ingenieurs Karl Hochenegg aus der Praxis als Nachfolger Waltenhofens, um die Neugestaltung des Unterrichts entsprechend den Erfordernissen der sich rasch entwickelten Elektrotechnik durchzuführen. Auf seinen Vorschlag hin wurde in der Gußhausstraße ein neues Institut gebaut, das mit Laboratorien für Dynamobau, für die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik und Meßtechnik und für Hochspannung ausgestattet wurde. Das für damalige Verhältnisse groß angelegte Institut umfaßte fünf Lehrkanzeln, und zwar für theoretische Elektrotechnik, Bau elektrischer Maschinen und Apparate, Bau und Betrieb elektrischer Anlagen, Wechselstromtechnik und Schwachstromtechnik. An dem im Jahre 1903 eröffneten Institut wirkten außer Hochenegg bekannte Fachgelehrte, wie Sahulka und Pichlmayr. Im Jahre 1930 wurde entsprechend der Entwicklung der Elektrotechnik ein größerer Zubau für die Schwachstromtechnik aufgeführt und das Hochspannungslaboratorium von 200 000 V durch entsprechende Vergrößerung auf 1 Mill V gebracht[3]).

1882 fand die Einstellung zur Elektrotechnik auch äußerlich durch die Gründung des Wiener Elektrotechnischen Vereins ihren Ausdruck, dessen erster Präsident der bekannte Physiker Stefan war. Das zur gleichen Zeit begründete Fachorgan ist die in ganz Deutschland und auch im Ausland verbreitete Zeitschrift „E. u. M.". Der Verein hat die ersten Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen am 1. 6. 1888 veröffentlicht. Die Werkstätten der elektrotechnischen Industrie in Wien sind verhältnismäßig groß, da sie seinerzeit das ganze Gebiet der alten Monarchie belieferten.

Die Österreichischen Siemens-Schuckert-Werke in Wien sind das größte und älteste elektrotechnische Unternehmen der Ostmark. Sie stellen sozusagen ein Stück der Wirtschaft der ehemaligen Doppelmonarchie und nachher des Bundesstaates Österreich dar. Im Jahre 1879, also vor 60 Jahren, gründete Werner von Siemens in Wien die Zweigniederlassung seines Hauses. Die erste Betätigung lag zwar auf dem Gebiete des Eisenbahnsicherungswesens, aber schon 1883, im Jahre der Wiener Weltausstellung setzten die Arbeiten auf dem Gebiete der elektrischen Beleuchtung und elektrischen Kraftübertragung ein. Nachdem 1879 auf der Berliner Gewerbeausstellung die erste elektrische Bahn vorgeführt worden war, konnte schon vier Jahre später (1883) von Mödling nach Hinterbrühl eine nach dem System Siemens gebaute 4½ km lange elektrische Bahn — die als eine der ersten überhaupt zu nennen ist — dem öffentlichen Verkehr übergeben werden. Die Stromzuführung erfolgte mittelst einer Röhrenoberleitung, in der Gleitschiffchen die Stromabnahme besorgten. Diese Oberleitung war bis 1912 im Betrieb. Zur selben Zeit wurde auch die Ausstellungsbahn im Wiener Prater gebaut. Die mit der Ausstellungsbahn erzielten guten Ergebnisse lösten Elektrisierungsprojekte für Bahnen im In- und Ausland aus. Schon damals wurden die ersten Projekte für eine elektrisch betriebene Stadtbahn in Wien mit den maßgebenden Behörden verhandelt.

Die ersten Elektrizitätswerke der Stadt Wien sind nach den Plänen und unter der alleinigen Leitung von Siemens & Halske ausgebaut und erst später von der Stadtgemeinde übernommen worden. Von Siemens & Halske wurde die Fabrikation von Starkstromkabeln und später auch Fernmeldekabeln in großem Umfang aufgenommen. Die Firma hatte sich bald zum größten elektrotechnischen Unternehmen der Doppelmonarchie entwickelt. Um die Jahrhundertwende waren die Österreichischen Siemens-Werke imstande, den großen auftretenden Aufgaben, wie sie z. B. durch den Umbau der Wiener Straßenbahn auf elektrischen Betrieb gestellt wurden und wie sie der Bau großer Dynamomaschinen, Wagenmotoren usw. mit sich brachte, zu genügen. 1899 wurde das Wiener Werk in eine Aktiengesellschaft umgewandelt und 1904 erfolgte die Zusammenlegung aller Starkstromabteilungen der Siemens & Halske AG. mit der AG. vormals Schuckert & Co. zu einer neuen Gesellschaft, die den Namen Österreichische Siemens-Schuckert-Werke (ÖSSW) erhielt, während das Wiener Werk der Siemens & Halske AG. sich von da ab auf das Schwachstromgebiet beschränkte. Die ÖSSW vergrößerten sich in den darauffolgenden Jahren rasch. Die Werke beanspruchen heute etwa 230 000 m² Bodenfläche. Es werden betrieben: Das Werk Engerthstraße am Südufer der Donau und das Werk Siemensstraße nördlich der Donau, mit einer großen Maschinenfabrik, dem Kabel- und dem Metallwerk. Erzeugt wurden bisher elektrische Maschinen und Apparate aller Stromarten und Bauarten. Die erste in Europa aufgestellte, elektrisch angetriebene Hauptschacht-Steinkohlenfördermaschine, die 1898 für den Hohenbergschacht in Karwin geliefert wurde, stammt von den ÖSSW. Gebaut wurden ferner vollständig ausgerüstete elektrische Lokomotiven und Triebfahrzeuge für elektrische Bahnen aller Art. Der Anschluß der Ostmark an das Großdeutsche Reich hat auch die Österreichischen Siemens-Schuckertwerke vor neue große Aufgaben gestellt. Die Bedeutung der Ausweitung ihrer Aufgaben geht am besten aus der Vergrößerung der Beschäftigtenzahl hervor. Die Belegschaft der Gesellschaft in der Ostmark allein, d. h. ohne die bisher an die Österreichischen Siemens-Schuckertwerke angeschlossenen Gesellschaften im Ausland, hat sich seit dem Anschluß mehr als verdoppelt; sie stieg von 3000 auf 6300.

Die AEG-Union Elektrizitätsgesellschaft ist aus der im Jahre 1897 gegründeten Union Elektrizitäts-Gesellschaft und aus der Wiener Niederlassung der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft durch die im Jahre 1904 erfolgte Fusion dieser Gesellschaften hervorgegangen. Die Gesellschaft besitzt in Wien XXII. (Stadlau) ein Fabrikgelände von mehr als 6 ha mit einer neuzeitlichen, für den Bau von Großmaschinen und für Serienerzeugung eingerichteten Fabrik. Zu den Fabrikhallen gehört u. a. die größte Eisenbetonhalle der Ostmark von über 100 m Länge, 27 m Breite und einer ebensolchen

[2]) Wiener Zeitung vom 15. Oktober 1817 und Neuwirth, Geschichte der Technischen Hochschule Wien.

[3]) Elektrotechn. u. Masch.-Bau 54 (1936) S. 1.

Höhe. Die AEG-Union Elektrizitäts-Gesellschaft ist mit der Geschichte der Elektrotechnik in der Ostmark durch zahlreiche Pionierarbeiten eng verknüpft. Sie führte im Jahre 1896 die erste elektrisierte Linie der Wiener Straßenbahn aus, 1898 die erste Adhäsions-Steilbahn auf den Pöstlingberg bei Linz, 1903 schuf sie mit den Sillwerken der Stadt Innsbruck das damals größte Wasserkraftwerk Österreich-Ungarns. 1904 erbaute die Gesellschaft die erste Einphasen-Wechselstrombahn mit Hochspannung im Stubaital und 1910/12 als erste elektrische Vollbahnlinie die Mittenwaldbahn mit dem Ruetzwerk. Von da an ist die AEG-Union am Ausbau der Wasserkräfte und der Bahnen der Ostmark wie auch am Ausbau der ostmärkischen Industrie führend beteiligt. Das Arbeitsprogramm der Gesellschaft umfaßt den Bau von Großmaschinen, Transformatoren und Ausrüstungen für elektrische Bahnen und Fahrzeuge, den Bau industrieller Antriebe wie Walzenstraßen und Förderanlagen sowie aller Arten von Spezialantrieben. Ein besonderes Erzeugnis des Stadlauer Werkes ist der in großer Reihenerzeugung hergestellte Geal-Motor, d. i. ein Drehstrom-Motor, dessen Ständerring und Lagerschilde aus Leichtmetall im Schleudergußverfahren hergestellt werden. Diese Bauart erlaubt durch die vielfältige Zusammenstellbarkeit der Grundelemente eine restlos umfassende Anpassung des Motors an alle vorkommenden Einbauverhältnisse. Die Anlagen der AEG-Union Elektrizitäts-Gesellschaft wurden seit dem Umbruch im Jahre 1938 durch namhafte Erweiterungsbauten, die teils bereits in Benutzung sind, teils unmittelbar vor der Vollendung stehen, erheblich vergrößert.

Ein wesentlicher Anteil an der Entwicklung der ostmärkischen Elektroindustrie fällt der ELIN AG. für elektrische Industrie in Wien zu, welche aus der im Jahre 1890 von Franz Pichler in Weiz in Steiermark gegründeten Unternehmung hervorging. Er erkannte frühzeitig die Entwicklungsmöglichkeiten, die sich einer selbständigen Elektroindustrie boten. Nachdem er bereits mit eigenen Konstruktionen elektrischer Maschinen bemerkenswerte Erfolge erzielt hatte, gründete er mit nur wenigen Arbeitern eine elektrotechnische Werkstätte. Diese wurde vom Weizer Elektrizitätswerk, das er auch im Jahre 1892 erbaut hatte und das als erste Mehrphasenanlage Österreichs mit verkettetem Zweiphasenstrom von 2000 V Spannung besonders bemerkenswert ist, mit Strom beliefert. Die luftgekühlten Transformatoren mit Kühlrippen nach dem Patent Pichlers fanden allgemeine Anerkennung und veranlaßten die bedeutendsten Firmen des In- und Auslandes, Lizenzen auf dieses Patent zu nehmen. Im Jahre 1899 trat die Wiener Gesellschaft für elektrische Industrie (deren Name späterhin in „ELIN AG." für elektrische Industrie abgeändert wurde) als Teilhaberin in das Unternehmen ein. Außer dem Weizer Werk besitzt die ELIN AG. in Wien eine Apparate-, Glühlampen- und Glasgleichrichterfabrik. Was das Fabrikationsprogramm der ELIN AG. betrifft, so wurden zahlreiche Elektrizitätswerke gebaut, Transformatoren, Generatoren, Quecksilberdampfgleichrichter, Schweißmaschinen, Ausrüstungen für elektrische Bahnen, für die Lokomotiven der ehemaligen österreichischen Bundesbahnen, Freiluftstationen und Überlandleitungen usw. ausgeführt. In die zwischen der Fabrik und dem Bahnhof in Weiz bestehende normalspurige Verbindungsbahn wurde im Jahre 1927 mit vollem Erfolg die erste geschweißte Eisenbahnbrücke Europas mit Elin-Querfeldschweißmaschinen auf eigene Verantwortung der Firma gebaut. — Die unermüdliche Arbeit Franz Pichlers führte zur ständigen Vergrößerung der Fabrik. 1927 wurde die 100 000., 1937 die 200 000. Maschine gebaut. Die Gefolgschaftszahl der Weizer Fabrik, die ursprünglich 5, im Jahre 1900 120 betrug, war bis zum Oktober 1938 auf 1280 gestiegen und ist bis zum heutigen Tag auf über 2000 angewachsen. Seit dem Umbruche trat eine ungefähr 50prozentige Erhöhung des Arbeiterstandes ein. Der weitaus größte Teil aller Lieferungen der ELIN AG. erfolgte ins Ausland. Zeitweilig betrug der Export drei Viertel des ganzen Geschäftes. Auch heute, nachdem der Anschluß der Ostmark ans Deutsche Reich das Inlandsgeschäft ganz wesentlich erhöht hat, überwiegen die Aufträge aus dem Auslande. In den letzten acht Monaten wurden Bestellungen gemacht, die eine höhere Kilowattzahl ergaben als die letzteren zwei Jahre oder zwei Jahre aus irgendwelchen früheren Geschäftsperioden. Die große Geschäftsbelebung der jüngsten Zeit erfordert natürlich neuerdings Vergrößerung der Fabriksanlagen, sowie Einstellung neuer Arbeiter und Angestellter.

Als im Jahre 1910 der Brown Boveri-Konzern sich entschloß, im damaligen Österreich seine eigene Produktions-

Fot.: Österr. Lichtbildstelle, Wien.

Die Technische Hochschule am Karlsplatz, im Hintergrund die Karlskirche.

stätte zu gründen, konnte er mit der hierfür gewählten elektrotechnischen Fabrik der Vereinigten Elektrizitäts AG. einen Betrieb übernehmen, der damals schon auf einen Bestand und eine Tradition von mehr als 30 Jahren zurückblickte, die zu nicht geringem Teil mit Pionierarbeit ausgefüllt war. So haben die heutigen Werkstätten der Österreichischen Brown Boveri-Werke AG. bereits eine Vergangenheit von mehr als einem halben Jahrhundert. Schon wenige Jahre nach der Aufnahme in den BBC-Konzern und der damit verbundenen Umstellung und Ausweitung des Erzeugungsprogrammes, das seither auf praktisch alle Konstruktionen des Konzernes ausgedehnt wurde, mußte die Fabrik im Rahmen der Kriegswirtschaft Bedeutendes leisten. Mit dem Kriegsende und Zerfall Österreich-Ungarns trat dann auch eine gewisse Wandlung im Aufbau des Unternehmens ein, da es nötig war, in den neu entstandenen Staaten eigene nationale Unternehmungen zu gründen. Das Absatzgebiet blieb aber im großen und ganzen unverändert erhalten und erstreckte sich nach wie vor über den ganzen Südosten. Die Zeit des Wiederaufbaues nach dem Kriege und die anschließenden Konjunkturzeiten brachten eine Fülle von Aufträgen; nicht nur an dem Ausbau der österreichischen Energiewirtschaft haben sich die Werke sowohl durch die Errichtung von Kraftwerken wie auch durch den Bau von Hoch- und Höchstspannungsleitungen in sehr großem Ausmaß beteiligt, sondern auch bedeutende Lieferungen an in- und ausländische Elektrizitätswerke und Industrieunternehmungen wurden durchgeführt. Wenn es auch im Wesen eines Konzernunternehmens liegt, hauptsächlich Konstruktionen des Konzerns zu benutzen, so ist doch gerade bei Brown Boveri in Wien auch manches Schöpferische geleistet worden. Es sei nur die Entwicklung des BBC-Leuchtschaltbildes erwähnt, das in seiner Eigenart den Bau von Schaltanlagen stark beeinflußt hat und über alle Erdteile verbreitet wurde. Nach dem Anschluß Österreichs sind nun die Wiener Werke in den Verband der übrigen deutschen BBC-Fabriken aufgenommen und werden im Rahmen des Großdeutschen Reiches, auf einer bewährten fachlichen Tradition fußend, die großen Aufgaben lösen, die ihnen die neue Zeit stellt.

Von den Elektrizität erzeugenden Unternehmungen müssen in erster Linie die Wiener städtischen Elektrizitätswerke genannt werden, welche die größte Elektrizitätsunternehmung der Ostmark sind. Die Anregung zur Errichtung der ersten Elektrizitätswerke erfolgte auf der Elektrotechnischen Ausstellung in Wien im Jahre 1883. Im Jahre 1885 erwarb Ing. Franz Fischer die Bewilligung, in der inneren Stadt ein elektrisches Kraftwerk zu errichten. Siemens & Halske übernahmen 1886 diese Konzession und erbauten in der Neubadgasse die erste Zentrale mit 200 PS Leistung nach dem Gleichstrom-Fünfleitersystem mit 4 × 110 V, die im Jahre 1889 in Betrieb genommen wurde. Im Laufe des Jahres 1890 kam in der Kaunitzgasse eine 60 PS-Dampfzentrale der Wiener Elektrizitätsgesellschaft für 2 × 110 V Gleichstrom und in der Engerthstraße die Zentrale der internationalen Elektrizitätsgesellschaft von Ganz & Co. mit 2 × 270 PS für Einphasenwechselstrom von 2000 V in Betrieb. 1893 gründete S & H die Allgemeine Österreichische Elektrizitätsgesellschaft, die im 2. Bezirk ein Dampfkraftwerk von 3 × 500 PS mit 4 × 110 V Gleichstrom erbaute. Der geniale Bürgermeister Dr. Karl Lueger erkannte die Wichtigkeit der kommunalen Elektrizitätswirtschaft und schuf ein einheitliches Elektrizitätswerk. Im Jahre 1899 wurde von der Gemeinde der Beschluß gefaßt, zwei neue Zentralen, und zwar eine mit 12 000 kW für Straßenbahnbetrieb und eine mit 5000 kW zur Stromabgabe an Private zu errichten, die im Jahre 1902 fertiggestellt wurden. Die privaten Gesellschaften wurden zwischen den Jahren 1907 und 1914 von der Gemeinde Wien übernommen. Da der Stromverbrauch rasch anstieg, wurden die beiden Kraftwerke in Simmering und in der Engerthstraße immer weiter ausgebaut und im Jahre 1905 die erste Dampfturbine aufgestellt. Nach dem Kriege mußte der Auslandskohleverbrauch stark eingeschränkt werden, deshalb erbaute die Gemeinde Wien die Wasserkraftwerke Opponitz und Gaming. Ferner wurden aus dem Kraftwerk Partenstein der Öka (Österreichische Kraftwerk AG.) und aus den Kraftwerken der Steweag (Steirische Wasserkraft und Elektrizitäts AG.) größere Stromlieferungen sichergestellt, so daß der aus Wasserkraft erzeugte Strom von 1924 bis 1937 von 4,4 % auf 73 % stieg. Die im letzten Jahre an die Abnehmer gelieferte Strommenge betrug 570 Mill kWh.

Die seit dem Jahre 1865 bestehenden Pferdestraßenbahnen, die verschiedenen Privatgesellschaften gehörten, wurden im Jahre 1896 erstmalig auf einer 9,4 km langen Strecke mit Oberleitung elektrisch betrieben. Unter dem Bürgermeister Lueger wurden 1899 die Straßenbahnen in den Gemeindebesitz übernommen und im Jahre 1902 die Elektrisiernug und der weitere Ausbau beschlossen. Im Jahre 1925 übernahm die Gemeinde Wien die der Bundesbahn gehörige Stadtbahn, elektrisierte diese und schuf damit den Anfang zu einem Stadtschnellverkehr.

Die Newag (Niederösterreichische Elektrizitätswirtschafts AG.) wurde im Jahre 1922 zum Ausbau der Wasserkräfte und Versorgung von Niederdonau mit elektrischer Energie gegründet. Die Gesellschaft arbeitet mit ihren eigenen Wasserkraftwerken im Verbundbetrieb mit der Öka, der Steweag und dem städtischen Elektrizitätswerk in Wien. Im Jahre 1939 wurden die Anlagen der bisherigen Neweag mit den Elektrizitätswerken einer Reihe von Stadtgemeinden in Niederdonau und im ehemaligen Burgenland zu dem neuen Unternehmen „Gauwerke Niederdonau AG." vereinigt.

Weitere im Gau Niederdonau befindliche selbständige Unternehmungen für die öffentliche Stromversorgung wie auch das Kraftwerk Frein und die im Gau Niederdonau befindlichen Verteilungsanlagen der westmährischen Elektrizitäts-AG. sollen nach und nach an das neue Unternehmen angeschlossen werden. Das Versorgungsgebiet des neuen Unternehmens erstreckt sich derzeit auf rund 1500 Gemeinden mit einer Einwohnerzahl von über einer Million. Der durch den Anschluß stark gesteigerte Arbeitsbedarf betrug für das Jahr 1938 rund 110 Mill kWh. Ein weiterer Stromlieferungsvertrag mit den Alpenelektrowerken ermöglicht es dem Unternehmen, den steigenden Anforderungen zu entsprechen.

Als weitere in der letzten Zeit hinzugekommene Großunternehmung mit dem Sitz in Wien auf dem Gebiete der Energieversorgung muß die Alpen-Elektrowerke Aktiengesellschaft genannt werden; es ist dies eine im Jahre 1938 gegründete reichseigene Gesellschaft mit einem Aktienkapital von 50 Mill RM, welche die Aufgabe hat, den großzügigen Ausbau der Alpen-Wasserkräfte durchzuführen; insbesondere ist die Gesellschaft mit dem Ausbau des Tauernkraftwerkes betraut, für welches Generalfeldmarschall Göring am 16. 5. 1938 den ersten Spatenstich tat.

Außer dem Tauernkraftwerk wird durch die Gesellschaft auch ein großes Kraftwerk an der Drau gebaut; das an der Donau bei Ybbs-Persenbeug im Bau begriffene große Flußkraftwerk wird nach seiner Vollendung ebenfalls in den Besitz der Alpen-Elektrowerke AG. übergeführt werden. Die Gesellschaft hat überdies die Aufgabe, für eine großzügige Energieverteilung in der Ostmark zu sorgen und baut zu diesem Zwecke verschiedene neue 100 kV-Verbindungen aus. Eine im Bau befindliche 220 kV-Leitung wird die Verbindung der ostmärkischen Energiewirtschaft mit der des Altreiches herstellen.

Über Korrosionen und ihre Verhütung an elektrischen Meßgeräten.

Von F. Lieneweg, Berlin.

DK 620.191 : 621.317.7.085

Übersicht. An elektrischen Meßgeräten und Meßsonden zeigen sich nicht nur rein werkstoffzerstörende, sondern im besonderen auch funktionsstörende Wirkungen von Korrosionen. Derartige Korrosionserscheinungen und Maßnahmen zu ihrer Verhütung werden behandelt.

Korrosionen sind immer dann festzustellen, wenn Werkstoffe durch chemische Angriffe, sei es von Gasen, Flüssigkeiten oder festen Stoffen, eine Veränderung erleiden, die an sich nicht erwünscht ist. Die Auswirkung der Korrosion auf das gesamte Werkstück kann neben der rein materialzerstörenden Erscheinung auch seine Arbeitsweise beeinträchtigen oder verhindern. Solche funktionsstörenden Korrosionserscheinungen werden sich vor allem bei den Geräten der Feinmechanik bemerkbar machen und besonders dort leicht auftreten, wo diese Geräte unter schärfsten und verschiedenartigsten Betriebsbedingungen arbeiten sollen. Derartigen Korrosionen sind deshalb vor allem auch die elektrischen Meßgeräte wie Anzeiger, Schreiber, Regler und Zähler ausgesetzt, die als serienmäßig hergestellte Ware überall in ununterbrochenem Dauerbetrieb, sei es in Berg-, Hütten- und Kraftwerken oder in chemischen Betrieben bei hohen und tiefen Temperaturen und Feuchtigkeiten zuverlässige Meßergebnisse gewährleisten sollen. Korrosionen, die hinsichtlich ihrer stoffwertevernichtenden Wirkungen gänzlich bedeutungslos sind, können bei diesen Meßgeräten oft zu unzulässig großen Meßfehlern und dadurch zu schwersten Betriebsstörungen führen.

Zur Verhütung derartiger Korrosionen muß man schon bei der Konstruktion der Meßgeräte die Auswahl der Werkstoffe vor allem auch im Hinblick auf mögliche Betriebsstörungen durch Korrosion treffen. Ferner sind die geeignetsten thermischen oder chemischen Behandlungen der Baustoffe vorzuschreiben und gegebenenfalls schützende Überzüge (z. B. Lacke) vorzusehen. Auch die Art des Geräteaufbaues selbst muß durch richtige Anpassung an die Betriebsbedingungen der Korrosionsverhütung Rechnung tragen.

An den ersten fertiggestellten Geräten sind dann eingehende Korrosionsprüfungen vorzunehmen, die den möglichen Betriebsbedingungen weitgehend anzupassen sind. Auch Korrosionsschnellprüfungen sollten durchgeführt werden. Insbesondere ist hier auf den Wert der sehr aufschlußreichen Wechselprüfungen hinzuweisen. Durch abwechselndes Betauen und Trocknen, Erhitzen und Abkühlen erhält man schon in kurzer Zeit viel bessere Ergebnisse über mögliche Korrosionen und Betriebsstörungen, als wenn man die Geräte immer einer gleichmäßigen, wenn auch ungünstigen Temperatur oder Feuchte usw. aussetzt. Zudem sind die Geräte ja auch im Betrieb selbst stets wechselnden Bedingungen ausgesetzt. Für die Durchführung und Auswertung solcher Korrosionsversuche sollten die Korrosionsrichtlinien[1]) beachtet werden, die vom Normenausschuß für Korrosionsfragen der Dechema herausgegeben sind.

Nachdem die Mängel, die auf Grund solcher systematisch angestellten Korrosionsuntersuchungen aufgefunden wurden, an den Geräten behoben sind, müssen diese weiter im praktischen Betrieb beobachtet werden. Sobald irgendwelche Störungen auftreten, ist ihre mögliche Entstehungsursache u. U. durch weitere, den Betriebsverhältnissen entsprechende Versuche im Laboratorium zu ergründen. Durch geeignete Schutzmaßnahmen sind auch diese Korrosionsmöglichkeiten zu beseitigen, damit die Güte und Betriebssicherheit der Meßgeräte aufs höchste gesteigert wird.

Werkstoffzerstörende Korrosion.

Selbstverständlich hat man auch bei elektrischen Meßgeräten mit rein werkstoffzerstörenden Korrosionen zu rechnen, durch die nicht die Funktionen lebenswichtiger Teile zerstört werden, sondern durch die die Lebensdauer des gesamten Gerätes herabgesetzt wird. Auf solche Korrosionen, mögen sie durch Bildung galvanischer Elemente zwischen den Werkstoffen, durch Lokalelementbildung oder durch chemische Einwirkung der Umgebung verursacht werden, und auf die Art ihrer Verhütung soll nur mit einigen Beispielen hingewiesen werden, da diese für elektrische Meßgeräte nicht eigentümlich sind. So können an den Gehäusen der Meßgeräte durch atmosphärische Einflüsse oder angreifende Industriegase Beschädigungen eintreten. Daß man derartige Korrosionen auch bei Leichtmetallen, z. B. Magnesiumlegierungen, bei geeigneter Vorbehandlung verhindern kann, so daß heute bereits ein großer Teil der Gehäuse von Meßgeräten aus diesen Werkstoffen gefertigt wird, ist ein Zeichen für die Güte und Wirksamkeit der für solche Legierungen durchgearbeiteten Schutzmaßnahmen.

Auch bei den Meß-Sonden, wie Widerstandsthermometern, Thermoelementen, gasanalytischen Geräten usw., deren Widerstands- oder Spannungsänderung als Maß für die zu messende Größe wie Temperatur, Kohlensäuregehalt usw. dient, stellt man mannigfaltige Werkstoffzerstörungen durch Korrosionen fest. Da diese Sonden meist sehr dünnwandig gehalten werden müssen und in die zu messenden Gase oder Flüssigkeiten eintauchen und von ihnen umströmt werden, sind sie in viel größerem Maße Korrosionen unterworfen als die Gefäßwandungen, in denen sich die Gase oder Flüssigkeiten befinden. Die Sonden sollten deshalb nur mit solchen Schutzstoffen umgeben werden, die sich in dem Betrieb, in dem sie jeweils verwendet werden, am besten bewährt haben. Daß aber auch durch die Art der Konstruktion die Lebensdauer solcher Geräte wesentlich erhöht werden kann, soll an dem Beispiel von Pyrometerschutzrohren gezeigt werden, die in Salzhärtebädern verwendet werden. Aus Nickel gefertigte Rohre zerfließen allmählich bei Temperaturen von 1 250 bis 1 300 ° C. Verchromte Eisenrohre, die zur Ersparnis von Nickel verwendet wurden, wurden an der Eintauchstelle stark angefressen. In beiden Fällen war die Lebensdauer der Elemente nicht allzu groß. Es wurde nun die Wandstärke der Pyrometerrohre an der Badoberfläche verstärkt. Dadurch konnte die Lebensdauer bei gleichen Meßeigenschaften um etwa das Dreifache erhöht werden.

Funktionsstörende Korrosion.

An elektrischen Meßgeräten, also an den Anzeige-, Schreib- und Regelgeräten sowie an Zählern ist das empfindlichste und deshalb gegenüber chemischen Angriffen störanfälligste Organ das elektrische Meßsystem. Bei Drehspulsystemen finden Drähte in der Größenanordnung von $1/100$ mm Dmr. für die Fertigung der Spulen Verwendung. Die Achsen der Systeme sind in Pfannen mit Krümmungsradien von Bruchteilen von mm gelagert. Ebenso sind die Achsenspitzen entsprechend klein mit sehr großer Genauigkeit herzustellen. Die Meßrähmchen sollen sich zwischen Magnet- und Eisenkern frei bewegen können, doch darf der Luftzwischenraum zur Erzielung hoher Meßempfindlichkeit auch nur Bruchteile von mm betragen. Das gleiche gilt für die Achsenluft. Bei hoher

[1]) DIN 4850, Okt. 1937.

Meßempfindlichkeit ist ferner der Zeiger der Meßgeräte möglichst leicht und das mechanische Drehmoment der Richtfedern möglichst klein zu machen. Die Drehmomente der Federn liegen in der Größenordnung von wenigen mgcm je 90 Winkelgrad.

Korrosionen durch elektrische Ströme treten vielfach an Relais- und Meßspulen auf. Bei geringen Isolationsfehlern der lackierten oder umsponnenen dünnen Drähte nehmen diese gegenüber dem geerdeten Spulenkern ein Potential an. Bei positivem Potential der Spulen können dann unter Einwirkung von Feuchtigkeit Korrosionen auftreten, weil durch den elektrolytischen Strom Kupfer vom positiven Pol aus in Lösung geht. Nach den Vorschriften und Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen ist deshalb auch vorgeschrieben[2]), daß Fernmeldeanlagen mit zentraler Batterie mit dem Pluspol geerdet werden sollen. Bei höheren Batteriespannungen (über 60 V) tritt anderseits infolge elektroosmotischer Vorgänge sehr bald eine Verschlechterung des Isolationszustandes der Batterie am negativen Pol auf, wenn die Leitungen feucht werden können. Um nun zu verhindern, daß bei Schutz- und Steuereinrichtungen in Starkstromanlagen unbeabsichtigte Steuerimpulse infolge solcher Erdschlüsse gegeben werden, müssen in solchen Anlagen die Spulen an den Minuspol angeschlossen werden. Außerdem wird hier der negative Pol meist über einen Widerstand geerdet. Da in solchen Schaltungen die Spulen fast immer stromlos sind und somit selten unter Spannung stehen, können auch die oben beschriebenen Korrosionen praktisch nicht auftreten.

Der Angriff durch Kriechströme bei kleinen Isolationsfehlern des Drahtes ist besonders groß, wenn die Spulenkerne aus hygroskopischem Werkstoff bestehen. Da selbst Hartgummi etwas hygroskopisch ist, hat man die an solchen Spulen auftretenden Zerstörungen dadurch beseitigt, daß man den Kern zunächst mit Stanniol umwickelte. Dieses wurde mit dem Spulendraht leitend verbunden, wodurch korrodierend wirkende Elektrolytströme an den Fehlstellen des Drahtes unterbunden sind.

Weitere Korrosionen, die zur Zerstörung von Meßspulendrähten oder auch von Richtfedern der Meßsysteme führen, können dadurch entstehen, daß sich aus dem das Meßsystem umgebenden Gehäuse oder aus einzelnen Bauteilen desselben angreifende *Zersetzungsprodukte in geringer Konzentration* abscheiden, die zur Zerstörung der feinen Teile im Laufe der Zeit führen können.

Vielfach hat man solche Korrosionen festgestellt, die sich durch Ausscheiden von Schwefel aus Hart- oder Weichgummi bildeten. Durch hohe Feuchte werden diese stark beschleunigt. Sie zeigten sich nicht nur durch Anlaufen und Bruch von dünnen Systemdrähten der Meßrähmchen, sondern auch durch Bruch von auf Spulenkernen aufgewickelten Manganinfestwiderständen. Gute Lackierung der Drähte, der Spulenoberfläche und auch der Lötstellen bilden den wirksamsten Schutz. Besonders auffällig machte sich eine derartige Korrosion an Spiegelgalvanometern bemerkbar. Auf den Zuführungsfedern zum System hatte sich etwas Kupfersulfid gebildet. Da dieses hygroskopisch ist, wurden die schwachen Federn bei wechselnder Feuchte immer verändert, so daß eine dauernde Nullpunktswanderung beobachtet wurde. Nachdem das als Isolationsdurchführung für die Anschlußstifte dienende Hartgummi durch eine sehr schwefelarme Sorte ersetzt war, waren die feuchteabhängigen Nullpunktänderungen verschwunden. Auch an Oszillographenschleifen aus Silber zeigten sich solche Korrosionen, als sie in Paraffinöl eingehängt wurden, das nach den deutschen Apothekernormen hergestellt war. Nachdem hierfür völlig schwefelfreies Paraffinöl verwandt wurde, waren auch diese Korrosionen verschwunden.

[2]) VDE 0800/XII. 1937. § 3.

Ähnliche Korrosionen zeigten sich bei der Verwendung von Kunststoffen für die Gehäuse der Meßgeräte. Schnellpreßstoffe mit Hexamethylentetramin als Beschleuniger verursachten eine Zerstörung der feinen Meßdrähte. Außerdem vergilbten Meßgeräteskalen und Leuchtfarben verblaßten, die zwecks Ablesemöglichkeit im Dunkeln auf den Skalen angebracht waren. Nach Ersatz durch andere Preßstoffe mit wenig oder anderen Beschleunigern traten diese Erscheinungen nicht mehr auf, so daß Preßstoffe für Gehäuse von Meßgeräten heute weitgehend angewandt werden.

Eine *mittelbare Wirkung der Korrosion* macht sich oft dadurch bemerkbar, daß die Meßrähmchen klemmen, weil sich Korrosionsprodukte in den engen Zwischenräumen zwischen Rähmchen und Magnet bzw. Eisenkern absetzen. Man muß deshalb bei solchen Geräten, die bei stark wechselnden Temperaturen und Feuchten, z. B. in den Tropen, verwendet werden sollen, das Rosten von Eisenkernen und Magneten an Drehspulgalvanometern durch Verkupfern oder Lackieren verhindern. Dabei muß aber die Vorbehandlung der Teile (Mattieren, Bichromatisieren, Entfetten usw.) sowie die Lackierung selbst sehr sorgfältig durchgeführt werden, damit der Lack nicht abspringen und dann durch diese Teile das Rähmchen hängen bleiben kann.

Abb. 1. Interkristalline Korrosion an Instrumentenzeigern (Querschliff).

Haftenbleiben von Meßrähmchen wurde auch bei Verwendung von Isolierschläuchen aus Naturlackseide beobachtet. Bei höheren Temperaturen werden diese Lacke nicht nur flüssig und schlechter in ihren Isolationseigenschaften, sondern die austretenden Dämpfe verschmieren auch die Instrumentenlager. Die heute verwendeten Zelluloselackdrähte zeigen diese Eigenschaften nicht, so daß mit ihrer Einführung eine wesentliche Verbesserung erreicht wurde.

Auch auf *Reibungskorrosion* an Stahlspitzen konnte ein Verklemmen des Meßsystems zurückgeführt werden. Die Stahlspitzen lagern in Saphirsteinen und üben einen Achsdruck bis zu 300 kg/mm² aus. Durch die Bewegung des Systems werden Eisenteilchen von der Spitze abgerieben, die an der Luft sofort verbrennen. Das gebildete Eisenoxyd vergrößert die Reibung und beschleunigt damit die weitere Korrosion. Durch gutes Polieren der Spitzen und Lager läßt sich diese Erscheinung beheben.

Daß die *Behandlungsvorschriften* für die Werkstoffe sorgfältig geprüft werden müssen, zeigt eine an Instrumentenzeigern beobachtete Korrosion. Als Ursache für häufiges Zerbrechen von Duraluminiumzeigern von 0,03 mm Wandstärke wurde interkristalline Korrosion festgestellt (Abb. 1). Eingehende Versuche mit Zeigern im Salzsprühnebel ergaben, daß eine wesentliche Steigerung der Korrosionsbeständigkeit erzielt wurde, als die Zeiger statt bei 500 ° bei 400 ° C vergütet wurden (Abb. 2). Da bei 500 ° C vergütetes Duraluminium die besten Eigenschaften haben sollte, muß man annehmen, daß bei diesen dünnen Wandstärken die Gefügekorrosion durch die mit steigender Temperatur zunehmende Oxydbildung auf der Oberfläche beeinflußt wird. Bei größeren Wandstärken ist diese Oberflächenoxydation zu vernachlässigen. Auch die Lackart ist hier von Einfluß auf die Korrosion (Abb. 3). Die nicht lackierten Zeiger sind fast gar nicht angegriffen, während von den mit verschiedenen Lack-

sorten bestrichenen Zeigern der eine stark beschädigt wurde.

Ebenso wie bei den eigentlichen elektrischen Meßgeräten sind auch bei den Schaltern und den zur Übertragung von Meßwerten auf elektrische Meßgeräte dienenden Meßsonden spezifische, funktionsstörende Korrosionen festzustellen.

500 ° C 400 ° C

Abb. 2. Korrosion an Instrumentenzeigern, Einfluß der Vergütungstemperatur.

Schon unsichtbare Korrosionsablagerungen an Meßstellenumschaltern z. B. von Mehrfarbenschreibern, die in Ammoniak-, Schwefeldioxyd- oder gar Schwefelwasserstoff-haltiger Luft entstehen können, ergeben oft nicht zu vernachlässigende Übergangswiderstände. Hierdurch würden bei empfindlichen Widerstandsmessungen, wie sie bei

Abb. 3. Korrosion an Instrumentenzeigern, Einfluß der Lackart.

der Temperaturbestimmung mit Widerstandsthermometern durchzuführen sind, große Meßfehler eintreten. Bester, schwach mit Federfett eingeriebener Werkstoff muß deshalb für solche, möglichst luftdicht gekapselte Schalter verwendet werden. Ebenso führt man die Kontakte an elektrischen Reglern als geschlossene Quecksilber- oder Vakuumschalter aus, nicht nur, um die Funkenbildung herabzusetzen, sondern auch um Korrosionen durch das hierbei entstehende Ozon auf dem Isoliermaterial der Zuführungsdrähte zu verhindern. Diese würden durch den Angriff verhärten und die Drähte könnten brechen.

Von Korrosionserscheinungen an Meßsonden sollen nur einige bemerkenswerte Fälle behandelt werden. Platin-Platinrhodium-Thermoelemente, die in Porzellanschutzrohre eingebaut waren, wurden spröde und rissen. Die dabei festgestellte interkristalline Korrosion war darauf zurückzuführen, daß in das Innere des Schutzrohres reduzierend wirkende Gase gekommen waren. Diese reduzierten das SiO_2 des Porzellans zu Silizium, das seinerseits mit den Thermodrähten reagierte. Die Reaktion kann durch Belüften des Rohrinneren vermieden werden. Besser wählt man aber in solchem Falle einen SiO_2-freien Schutzrohrwerkstoff.

Bei unedlen Thermoelementen, wie Nickel-Nickelchrom, kann man die Oxydation der Meßdrähte ebenfalls durch Bespülen mit Gas, und zwar mit einem Neutralgas, verhindern. Besser erreicht man den Schutz dadurch, daß die Elementdrähte völlig gasdicht in das Schutzrohr eingeführt werden. So kann man nicht nur eine größere Korrosionssicherheit erreichen, sondern auch den Meßbereich nach höheren Temperaturen hin erweitern.

Die Ausbildung eines elektrischen $CO + H_2$-Messers zeigt, wie man durch möglichst günstige Anwendung physikalischer Bedingungen Korrosionen wirksam ausschalten kann. Die Messung von Rauchgasen auf unverbrannte Bestandteile der Verbrennungsgase ($CO + H_2$) geschieht bekanntlich durch katalytische Verbrennung dieser Gase an einem elektrisch geheizten Platin-Iridium-Draht. Die Widerstandsänderung des Drahtes, die durch die Temperaturerhöhung bei der Verbrennung entsteht, ist ein Maß für den Gehalt an Unverbranntem. Rauchgase enthalten aber auch mehr oder weniger SO_2, die an dem Draht zu SO_3 verbrennt und mit Wasserdampf Schwefelsäure bildet. Diese könnte sich an der Isolierbuchse, durch die die Meßdrahtzuführungen hindurchgehen, abscheiden und zu Isolationsfehlern und Korrosionen der Durchführungen Anlaß geben. Läßt man aber das eintretende Gas mit großer Geschwindigkeit an den Zuführungsdrähten der Isolierbuchse vorbeiströmen, bevor es an den Meßdraht gelangt, so können die Verbrennungsgase nicht mit der Buchse in Berührung kommen. Die Korrosionsgefahr ist dann wirksam beseitigt.

Für die Bekämpfung spezifisch an elektrischen Meßgeräten auftretender, funktionsstörender Korrosionen sind nach den obigen Ausführungen die gleichen Gesichtspunkte maßgebend wie bei den sonstigen materialzerstörenden Korrosionserscheinungen: Wahl geeigneter Werkstoffe, zweckmäßige Überzüge, richtige Verarbeitung und Vorbehandlung, Vermeidung oder Beseitigung korrodierend wirkender Faktoren, Verhütung galvanischer Elementbildungen, sachgemäße Konstruktion unter Berücksichtigung der vorliegenden physikalischen Bedingungen sowie richtige Anordnung der einzelnen Schaltelemente zur Verhütung korrodierender Ströme. Diese Maßnahmen müssen aber mit größter Sorgfalt angewendet werden, damit die empfindlichen elektrischen Meßgeräte bei höchster Betriebssicherheit größte Meßgenauigkeit gewährleisten.

Zusammenfassung.

Korrosionen an elektrischen Meßgeräten und Meßsonden wirken sich nicht nur rein werkstoffzerstörend, sondern im besonderen auch funktionsstörend aus, indem schon sonst unbedeutende Korrosionsprodukte die Meßgenauigkeit und Meßsicherheit beeinträchtigen können. Auf Grund eingehender Korrosionsversuche und laufender Beobachtungen während des Betriebes sind die Ursachen solcher Störungen zu ermitteln und zu beseitigen. Sie werden u. a. hervorgerufen durch Zersetzungsprodukte aus einzelnen Werkstoffen, die ihrerseits rein mechanische Störungen verursachen oder Korrosionen an funktionswichtigen Meßgeräteteilen bewirken. Zur Verhütung solcher Korrosionen sind die für die Korrosionsbekämpfung allgemein geltenden Gesichtspunkte mit besonderer Sorgfalt zu beachten: Richtige Auswahl, Zusammenstellung, Behandlung und Verarbeitung der Werkstoffe unter Berücksichtigung der besonderen physikalischen und elektrischen Meßbedingungen.

Die Verbesserung des Leistungsfaktors durch Kondensatoren *).

DK 621.319.4 : 621.311.1.018.14

Die Entlastung der auf Strom zu bemessenden Anlageteile (Generatoren, Umspanner, Kabel usw.) vom Blindstrom erstrebt 1. die Verringerung der Anlagekosten und Verluste, 2. in Netzen mit Blindwiderstand (Freileitungsnetzen) außerdem die Stützung der Spannung[1, 2]). Bezüglich Anlagen-Stromentlastung und Verlustminderung wird die Leistungsfaktor-Verbesserung um so weniger wirksam, je besser der cos φ des nicht phasenkompensierten Netzes ist; bei einem Leistungsfaktor oberhalb 0,9 bietet sie im allgemeinen keine wirtschaftlichen Vorteile mehr. Umgekehrt stützen Blindleistungserzeuger die Spannung um so wirksamer, je höher der Leistungsfaktor des betreffenden Freileitungsnetzes ist. Diese Spannungsstützwirkung der Kondensatoren ist — im Gegensatz zu der transformatorischer Regler — unabhängig von der Netzlänge und der Speiserichtung.

Unter den großen Vorteilen des Kondensators gegenüber der Blindleistungsmaschine fallen insbesondere seine sehr geringen Verluste ins Gewicht: den Vollast-Verlusten von 4 bis 6% umlaufender Maschinen stehen Kondensatoren-Verluste von nur 0,15 bis 0,25% gegenüber. Daraus ergibt sich, daß selbst vorhandene Blindleistungsmaschinen (Wegfall der Bereitstellungskosten) fast durchweg durch Kondensatoren ersetzt und Blindleistung mit umlaufenden Maschinen nur noch in Verbindung mit Umformung, Netzkupplung, Bereitschaftsbetrieb von Spitzen- und Speicherkraftwerken usw. erzeugt werden sollten[3]).

Eine bemerkenswerte Form der Kondensatoren ist die sogenannte „Einheitsbauweise“, bei der die Kondensatoren nur in einer Leistung, d. h. mit der wirtschaftlichsten Baustoffausnutzung (z. Zt. bei 220 V 25 kVA, von 380 V bis 6 kV 50 kVA) gebaut werden. Über ihre zahlreichen Vorteile ist bereits an anderer Stelle ausführlich berichtet worden[4]). Ein Kondensator mit nichtbrennbarer Isolierflüssigkeit ist der in Amerika gebaute Inerteen-Kondensator[5]); eine unangenehme Betriebseigenschaft dieses Kondensators besteht darin, daß sein Verlustwinkel unterhalb des Inerteen-Stockpunktes (etwa + 4° C) ansteigt und seine Leistung dabei abfällt.

In Verbindung mit den Netz-Induktivitäten können Kondensatoren Oberwellen- und Resonanzerscheinungen sowie Strom- und Spannungskurven-Verzerrungen hervorrufen. In Drehstromnetzen kommen vorwiegend die 5. und 7. Harmonische, als gefährliche Oberwellenerzeuger insbesondere Umspanner in Frage[6]). Stromresonanz entsteht bei der Parallelschaltung von Induktivität L und Kapazität C mit $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ (ω Kreisfrequenz), Spannungsresonanz bei der Reihenschaltung von L und C mit $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$. Ein als Oberwellenerzeuger auf ein Netz arbeitender Umspanner hat, wenn das Netz einen Stromresonanzkreis für die 5. Oberwelle darstellt, zwar einen sinusförmigen Magnetisierungsstrom, aber in seiner Spannungskurve einen entsprechenden Oberwellengehalt zur Folge, und umgekehrt, wenn das Netz ein Spannungsresonanzkreis ist, eine praktisch sinusförmige Klemmenspannung mit entsprechendem Oberwellengehalt im Magnetisierungsstrom. Um Oberwellen- und Resonanzerscheinungen bei Anschluß von Kondensatoren zu vermeiden, muß die Eigenfrequenz der Strom- und Spannungs-Resonanzkreise, die das zu kompensierende Netz bilden kann, bei allen vorkommenden Schalt- und Belastungszuständen auf eine bzw. die Nähe einer Oberwelle gerader und außerdem möglichst niedriger Ordnungszahl verstimmt werden. Bei Höchstspannungsnetzen wirkt der verstärkt in Erscheinung tretende Ladestrom netzeigenfrequenzerniedrigend; deshalb eignen sich diese Netze noch besser als Mittelspannungsnetze zur Phasenkompensierung durch Kondensatoren. Es empfiehlt sich, die Eigenfrequenz der Netze vor und nach Anschluß der Kondensatoren rechnerisch oder durch Versuche im voraus zu ermitteln. Besonders gut für die Praxis eignet sich der nachstehende Versuch: man schaltet nacheinander an das zu kompensierende Netz 2 kleine Versuchskondensatoren (Batterien); dabei nehme der zuerst zugeschaltete Kondensator einen Oberwellenstrom fünffacher Grundfrequenz auf. Vergrößert sich dieser Oberwellenstrom beim Zuschalten des zweiten Versuchskondensators, so liegt die Eigenfrequenz des Netzes ohne Kondensatoren oberhalb dieser Oberwelle, verkleinert er sich dagegen, so liegt sie unterhalb derselben. Es läßt sich dann nach der Beziehung $\frac{v}{\omega} = \frac{1}{\sqrt{\frac{\Delta E_L}{E} \cdot \frac{I_C}{I}}}$ (v Kreisfrequenz der Eigenfrequenz, ω Kreisfrequenz der Grundfrequenz, $\Delta E_L/E$ anteiliger induktiver Spannungsabfall, I_C/I anteiliger Kondensatorenstrom) leicht feststellen, auf welche Eigenfrequenz sich das Netz durch Anschaltung der erforderlichen Kondensatorenleistung (I_C/I) verstimmt. Im zweiten Fall, d. h. bei Verkleinerung des Kondensatoren-Oberwellenstromes fünffacher Grundfrequenz bedarf es keiner besonderen Rechnung mehr; die Netzeigenfrequenz erniedrigt sich bei Anschluß der gesamten Kondensatorenleistung mit Sicherheit genügend unter die fünffache Grundfrequenz.

Parallel-Kondensatoren beeinflussen die Abschaltleistung der im Netz vorhandenen Leistungsschalter günstig, weil im kapazitätsbehafteten Stromkreis die Spannung zwischen den Schaltstrecken der Schalter nach abgeschaltetem Kurzschluß langsamer wiederkehrt und somit für die Entionisierung der Schaltstrecken mehr Zeit zur Verfügung steht als im kapazitätsarmen Kurzschlußkreis[7]).

Auf die Selbsterregung von Asynchronmotoren durch parallele Kondensatoren muß namentlich in Niederspannungsnetzen und bei Kurzschlußläufern Bedacht genommen werden[8]). Gekapselte Motoren neigen infolge ihrer besonderen magnetischen Verhältnisse leichter zu Selbsterregung als offene.

Die Vorgänge beim Schalten von Kondensatoren lassen sich mit einfachen Mitteln und ohne Nachteile für die Netze beherrschen[9]). In Niederspannungsnetzen sind Kondensatoren-Schalter, weil sie einen völlig phasenverschobenen Strom schalten und dadurch stärkerem Kontaktabbrand unterliegen, tunlichst für den doppelten Kondensatoren-Nennstrom zu bemessen; Vorwiderstände zur Begrenzung der Einschaltstromstöße sind nur erforderlich, wenn große Batterieleistungen ohne merkliche Dämpfungswiderstände parallel geschaltet werden. In Mittel- und Höchstspannungsnetzen genügen normale hochwertige Leistungsschalter; Vorwiderstände sind nur beim Parallelschalten der Kondensatoren (Batterien) zu anderen, bereits unter Spannung stehenden Kapazitäten erforderlich, d. h. in Mittelspannungsnetzen nur bei Regelbatterien an derselben Sammelschiene, bei Höchstspannungs- und Kabelnetzen auch bei Einzelbatterien.

Liegen die Kondensatoren nicht parallel zu den Wicklungen von Umspannern oder Motoren, so sind besondere Entlade-Einrichtungen vorzusehen. Bei Niederspannungskondensatoren werden dazu ohmsche Entladewiderstände, bei Hochspannungskondensatoren in der Regel parallel geschaltete Spannungswandler verwendet.

Je nach Einsatz der Kondensatoren unterscheidet man Einzel-, Gruppen- und zentrale Kompensation. Die technisch und wirtschaftlich beste Form des Kondensatoreneinsatzes ist stets an Hand genauer Berechnungen zu ermitteln.

Der Nutzen je kVA eingebaute Kondensatorenleistung ist um so größer, je näher der Kondensator beim Verbraucher der induktiven Blindlast aufgestellt ist. Deshalb sollten Kondensatoren mehr als bisher in die Niederspannungsnetze eingebaut werden. Kann ihre Zu- und Abschaltung nicht mit den Schaltern der Umspanner und Motoren erfolgen, so wird ihre selbsttätige Zu- und Abschaltung in Abhängigkeit der Bedürfnisse nach Anlagen-Stromentlastung und/oder Spannungsstützung (Freileitungsnetze) erforderlich. Dazu sind besondere Kondensator-Relais entwickelt worden. *eb.*

*) H. Schulze, Rev. gén. Électr. 45 (1939) S. 131; 10¹/₂ S., 11 Abb.
1) ETZ 56 (1935) S. 501, 58 (1937) S. 701.
2) Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 27 (1936) S. 653.
3) VDE-Fachber. 7 (1935) S. 21.
4) VDE-Fachber. 9 (1937) S. 14. Siemens-Z. (1937) S. 461.
5) Electr. J. 34 (1937) S. 103.
6) Vgl. Bauer, Der Kondensator in der Starkstromtechnik, J. Springer, Berlin 1934.
7) Vgl. a. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 52 (1934) S. 371.
8) Vgl. a. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 25 (1934) S. 16.
9) VDE-Fachber. 7 (1935) S. 25.

Spannungsmesser mit unterdrücktem Anfangsbereich für die Spannungsüberwachung in Netzen.

Von Werner Oesinghaus VDE, Berlin.

DK 621.317.725 : 621.316.1.072.2

Übersicht. Die steigende Nachfrage nach einem Gerät zur genauen Spannungsüberwachung und Spannungshaltung in Gleich- und Wechselstromnetzen führte zur Entwicklung eines Voltmeters mit stark unterdrücktem Anfangsbereich, welches sich durch eine besonders hohe Absolutgenauigkeit und vor allem bequeme Ablesung auszeichnet.

Die hohen Anforderungen, die heute vom Verbraucher hinsichtlich der Spannungskonstanz eines Netzes gestellt werden, haben zur Folge, daß vom stromliefernden Werk alle Maßnahmen getroffen werden müssen, um die Schwankungen der Spannung so gering wie möglich zu halten; erforderlich ist dazu, daß man ihre Größe und die Abweichungen vom Sollwert kennt. Da die Spannungsschwankungen in einem neuzeitlichen Netz im Mittel nicht mehr als ± 5 % der Sollspannung betragen, ist der Spannungsmesser in der üblichen Ausführung zu ihrer Erfassung denkbar ungeeignet. Abgesehen davon, daß die Absolutgenauigkeit für ein normales anzeigendes oder registrierendes Betriebsgerät auf den Endwert des Meßbereiches bezogen 1 % (anz.) bzw. 2 % (reg.) nicht überschreitet, ist vor allem die Ablesung selbst unbequem. Würde man bei einer Messung von einem Wirkungsgrad sprechen, wobei etwa unter „Wirkungsgrad" das Verhältnis der Amplituden der Spannungsschwankungen zur Skalenlänge zu verstehen wäre, so würde der normale Spannungsmesser sehr schlecht abschneiden. Der Grund, daß er heute noch ausschließlich zur Spannungsüberwachung verwendet wird, ist darin zu suchen, daß ein Gerät, welches diese Anforderungen besser erfüllt, bisher nicht vorhanden war.

Die Forderung, die Spannungsschwankungen in kleinen Grenzen zu halten, bedingt genaue, aber auch bequem und deutlich abzulesende Überwachungsgeräte. Vorteilhaft ist es, nur die Abweichungen von der Sollspannung auf dem gesamten Skalenbereich anzuzeigen; das bedeutet aber, daß der Skalenanfang stark unterdrückt wird, ebenso wie bei einem Frequenzmesser in der Schaltwarte die Frequenz unter 49 Hz oder oberhalb 51 Hz nicht interessiert.

Es hat nicht an zahlreichen Versuchen zur Erreichung einer starken Unterdrückung des Skalenanfangs gefehlt. Erwähnt sei hier das Verfahren mit vorgespannter Feder, bei dem etwa 60 % Unterdrückung erreicht werden kann. Nachteilig ist, daß die Nullstellung nicht nachprüfbar ist. Anfangsunterdrückungen mit magnetischen Hilfsmitteln, z. B. durch besondere Formgebung der Polschuhe oder des Polkerns bei Drehspulmeßgeräten, sind ebenfalls nur bis zu einem gewissen Grade möglich (etwa 50 %); sie zeigen außerdem in allen Fällen eine stark verzerrte Skala.

Verschiedene Verfahren zur Unterdrückung des Nullpunktes.

Eine weitgehende Nullpunktsunterdrückung erfordert immer eine Kompensationsschaltung. Im einfachsten Falle wird der Gleichspannung oder gleichgerichteten Wechselspannung eine zweite Spannung aus einer konstanten Hilfsstromquelle über ein Differentialvoltmeter entgegengeschaltet. Über- oder unterschreitet die zu messende Spannung den konstanten Hilfsspannungswert, so zeigt das Instrument einen Ausschlag. Für betriebsmäßige Verwendung ist dieses Verfahren jedoch ungeeignet, da eine Hilfsstromquelle mit genügend großer Spannungskonstanz wohl in keinem Betriebe zur Verfügung steht und bei veränderlicher Spannung ein sehr genaues Gerät zur besonderen Überwachung der Hilfsspannung notwendig wäre.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, die zu messende inkonstante Spannung selbst als Normalspannung heranzuziehen, um die Spannungsschwankungen durch Vergleich mit dieser Normalspannung meßtechnisch darzustellen, dabei kann die Glimmröhre zur Erzeugung der Normalspannung verwendet werden. Die Konstanz der Glimmstrecke ist jedoch nicht ausreichend, es tritt von Zeit zu Zeit ein Nachformieren der Elektroden und damit eine Änderung der Brennspannung auf.

Abb. 1. Kompensationsschaltung und Stromverlauf.

Meßwerk 1 Drehspulsystem
Meßwerk 2 Meßwerk nach wattmetrischem Prinzip

Abb. 2. Gerät mit zwei gekuppelten Meßwerken.

Wie bereits erwähnt, laufen alle Versuche, eine starke Nullpunktsunterdrückung zu erreichen, immer auf eine Kompensation hinaus. Dazu werden entweder die Spannungsabfälle eines belastungsabhängigen und eines belastungsunabhängigen Widerstandes gegeneinandergeschaltet, oder es wird unter Benutzung einer Brückenschaltung für mindestens ein Glied der Brücke ein spannungsabhängiger Widerstand verwendet.

Bei der Kompensationsschaltung nach Abb. 1 wird die gekrümmte Kennlinie eines hochgesättigten Eisenkerns ausgenutzt in Verbindung mit einem Eisenkern mit großem Luftspalt. Bei einer bestimmten Spannung U_n

sind die Teilspannungen U_1 und U_2 gleich groß; der Ausschlag am Instrument *G* ist Null. Weicht jedoch *U* von U_n ab, so überwiegt entweder U_1 oder U_2; das Instrument *G* zeigt einen entsprechenden Ausschlag. Die Beseitigung des Frequenzfehlers ist bei dieser Anordnung nicht einfach.

Nach einem Kompensationsverfahren arbeitet auch ein Gerät nach Abb. 2. Das Meßwerk *1* stellt ein normales Drehspulsystem dar; Meßwerk *2* ist nach wattmetrischem Prinzip aufgebaut. Die beiden Meßwerke sind übereinander angeordnet, die beiden beweglichen Spulen gekuppelt.

Auf das Meßwerk wirken zwei in verschiedener Weise von der Meßspannung abhängige, entgegengesetzt wirkende Drehmomente. Das eine Moment (Gegendrehmoment) hängt linear vom Meßstrom ab, das andere Drehmoment hat einen quadratischen Verlauf. Die Summe der Drehmomente ist einmal Null, wenn die Meßspannung Null ist, dann aber auch, wenn die beiden Momente einander gleich sind. Von diesem zweiten Nullpunkt aus erfolgt je nach der Höhe der an dem Meßwerk liegenden Spannung der Ausschlag nach der einen oder anderen Richtung. Die Lage des zweiten Nullpunktes kann dabei je nach der Ausbildung der die Momente erzeugenden Mittel beliebig gewählt werden. Die Abhängigkeit der Drehmomente und des Ausschlagwinkels von der anliegenden Spannung ist in Abb. 3 dargestellt. Eine Unterdrückung von 90 % ist ohne Schwierigkeiten zu erreichen. Der Aufbau ist jedoch schwierig durch die Kupplung der beiden beweglichen Spulen.

Abb. 3. Verlauf der Drehmomente.

Will man die Schwierigkeiten bei den bisher angegebenen Verfahren vermeiden, so erweist sich als einfachste Lösung die Brückenschaltung mit Glühlampen. Solche Brücken sind bereits eingehend untersucht und haben viele Anwendungsgebiete gefunden; es erübrigt sich daher, auf ihre Eigenschaften näher einzugehen. Halbleiter und Eisenwasserstoffwiderstände sind für den vorgesehenen Verwendungszweck nicht brauchbar, da sie, abgesehen von ihrer unzureichenden Konstanz, in stärkerem Maße abhängig von der Außentemperatur sind.

Es wurde daher die Metallfadenlampe mit Wolframfaden gewählt. Der Einwand, daß der Glühfaden mit der Zeit eine große Widerstandsänderung erfahren würde, trifft nicht zu, da die angelegte Spannung nur 8 bis 10 % der eigentlichen Nennspannung beträgt; an Stelle der normalen Brenntemperatur von etwa 2500 ° C erhält man nur eine Temperatur von 400 bis 500 °. Der Faden glüht dabei nicht. Dadurch ist die Konstanz der Widerstandskennlinie und die dauernde Haltbarkeit der Lampen unbedingt gewährleistet. Da der Glühfaden einen praktisch induktions- und kapazitätsfreien Widerstand darstellt, tritt ein Frequenz- oder Kurvenformeinfluß nicht auf. Die Trägheit des Heizfadens ist in diesem Falle ohne jede Bedeutung.

Die Glühlampe wird mit entsprechenden Hilfswiderständen in eine Brücke eingeschaltet (Abb. 4 a). Dabei verläuft die Lampenkennlinie etwa nach Abb. 4 b. Bei Gleich- und Wechselstrom wird unmittelbar an die Klemmen *I* und *II* angeschlossen und auf eine bestimmte Sollspannung durch einen Vorwiderstand eingestellt. Wechselstrom wird unmittelbar vor dem Brückeninstrument gleichgerichtet.

Der Arbeitsbereich liegt oberhalb des Schnittpunktes der Lampenkennlinie mit der Kennlinie des rein ohmschen Widerstandes. Die Skala erhält dann das Aussehen nach Abb. 4 b. Der Zeiger steht dann einmal auf Null, wenn die Betriebsspannung Null ist, zum anderen nähert er sich Null, wenn die zulässige Spannungsabweichung überschritten wird. Unterhalb des Wertes *U* liegt der Zeiger am Anschlag; damit wird aber gekennzeichnet, daß eine Störung vorliegt.

Abb. 4a. Brücke mit spannungsabhängigen Widerständen. Abb. 4b. Kennlinie und Arbeitsbereich.

Bei der Ausführung für Wechselstrom würde nun bei einem Spannungswert unterhalb von *U* ein falscher Spannungswert vorgetäuscht werden, da durch die Anordnung des Gleichrichters unmittelbar vor dem Brückeninstrument eine Richtwirkung nicht mehr auftritt. In diesem Falle sorgt ein besonders betriebssicheres Unterspannungsrelais mit kleinem Halteverhältnis dafür, daß bei einem Spannungsrückgang über *U'* hinaus das Anzeigeinstrument kurzgeschlossen wird, so daß damit eine grobe Störung sicher angezeigt wird.

Abb. 5. Gesamtschaltung für Wechselstrom.

Soll nach der Anzeige die Spannung geregelt werden, so ist es erwünscht, nicht die einzelnen Spannungsstöße angezeigt zu bekommen, sondern nur den Mittelwert der Spannungshöhe über eine Zeit von etwa 10 s. Zur Erzielung dieser Zeitkonstanten von 10 s ist parallel zum hochohmigen Rähmchen des Drehspulinstrumentes ein Kondensator geschaltet, gleichzeitig ist ein hochohmiger Widerstand vorgeschaltet, um eine Entladung des Kondensators über den niederohmigen Brückenteil zu verhindern. Abb. 5 zeigt die Gesamtschaltung für Wechselstrom.

Erreichtes Ergebnis.

Der Anzeigebereich des derart gebauten Spannungsmessers ist auf ± 5 % vom Sollwert festgelegt und kann durch entsprechende Vorschaltung erweitert werden. Eine noch weitergehende Unterdrückung ist ohne weiteres möglich, wird jedoch im praktischen Betriebe wohl kaum erforderlich sein. Abb. 6 zeigt die Skalenteilung, die weit und übersichtlich ist und eine Ablesung auf 0,1 bis 0,2 % des Skalenendwertes bequem gestattet.

Nach den neuen VDE-Regeln für Meßgeräte (VDE 0410) bezieht sich der Anzeigefehler bei Skalen mit mechanisch unterdrücktem Nullpunkt auf den Endwert des Meßbereiches. Wenn auch hier die Unter-

drückung nicht auf mechanischem Wege erreicht wird, so wird das Gerät doch dieser Instrumentenart zuzurechnen sein. Die Anzeigefehler werden dann aber außerordentlich klein, z. B. wird ein Reibungsfehler des Brückeninstrumentes von 0,1 % des Gesamtskalenbereiches, auf den Endwert des Meßbereiches bezogen, nur 0,01 % betragen. Der Temperaturfehler läßt sich sowohl bei Gleich- als auch bei Wechselstrom praktisch vollkommen kompensieren. Die Ausschlagänderung beträgt bei einer Änderung der Frequenz von 45 auf 55 Hz etwa – 0,05 % des Sollwertes.

Durch Verwendung eines Gleichrichters wäre ein größerer Einfluß der Oberwellen bei verzerrter Spannung zu erwarten. Ein solcher Einfluß tritt jedoch nicht auf, d. h. er ist vernachlässigbar klein. Der rechnerische Nachweis wird in einem späteren Aufsatz gegeben werden.

Abb. 6. Anzeige- und Registriergerät mit Brücke.

Der Anwärmfehler von rd. 0,4 %, auf den Sollwert bezogen, ist für den vorliegenden Verwendungszweck (laufende Überwachung der Spannung) bedeutungslos. — Eine Absolutgenauigkeit von ± 0,2 % des Endwertes des Meßbereiches kann ohne weiteres eingehalten werden.

Abb. 6 zeigt das beschriebene Gerät einmal als anzeigendes Schalttafelinstrument, zum anderen als registrierendes Gerät, bei dem die gleiche Brücke verwendet wird. An Stelle eines Anzeigebereiches von ± 5 % wird hier etwa ± 10 % des Sollwertes gewählt (Abb. 7). Der

a normales Gerät b bei unterdrücktem Anfangsbereich

Abb. 7. Registrierstreifen.

Zeitkreis kann hier fehlen. Dann werden auch die kurzzeitigen Spannungsstöße im Netz aufgezeichnet. Beanstandungen von Verbrauchern über Spannungsschwankungen können leicht nachgeprüft werden. Das registrierende Gerät erleichtert außerordentlich die Aufnahme von Spannungsgebirgen. Durch Einsatz von einigen Registriergeräten an mehreren Stellen des Netzes können örtliche Spannungsunterschiede zu gleichen Zeitpunkten erfaßt werden. Die Absolutgenauigkeit von ± 0,2 % kann auch hier eingehalten werden.

Zusammenfassung.

Es wurden die Wege gezeigt, die unter Verwendung einer bekannten Brückenschaltung mit spannungsabhängigen Widerständen zur Entwicklung eines Voltmeters mit weitgehend unterdrücktem Anfangsbereich führten. Das Gerät hat die Aufgabe, die Spannungshaltung in den heute weit verzweigten und gekuppelten Netzen zu erleichtern, um Erzeuger und Verbraucher vor Nachteilen durch eine unzureichende Spannungshaltung zu schützen. Es ist selbstverständlich, daß ein solches Gerät außer der Verwendung im Kraftwerksbetriebe in allen Fällen von Nutzen ist, bei denen eine genaue und bequeme Spannungsüberwachung gefordert wird.

Die elektrische Anlage des Schnellmotorschiffes „Oslofjord".

DK 621.34 : 629.123

Das 18 700 BrRT große Schiff besitzt eine umfangreiche elektrische Anlage[1]) mit einer Generatorenleistung von 1400 kW. Die Beleuchtung umfaßt 5500 Brennstellen, von denen rd. 10% an das 220 V-Notbeleuchtungsnetz angeschlossen sind. Die Richtungsweiserlampen werden von einer 24 V-Batterie gespeist. Die elektrische Kraftanlage umfaßt 182 Motoren mit einer Anschlußleistung von 3056 kW. Die elektrisch betätigte Quadrantruderanlage arbeitet in Leonardschaltung nach dem Druckknopf-Steuersystem. Dabei wird durch Druckknöpfe am Steuerstand die Erregung des Leonardgenerators eingeschaltet, und der Rudermotor läuft so lange, bis der Druckknopf losgelassen wird. Bemerkenswert ist ferner die große Leistung von 81 kW für die Ankerwinde. Die Ladewinden werden elektrisch gesteuert und erreichen mit leerem Haken die vierfache Vollastgeschwindigkeit. Das Kabelnetz ist als Gummibleikabel (stahldrahtarmiert) einpolig verlegt, lediglich die Steigeleitungen sind in geschlossenen Kanälen als blanke Kupferschienen auf Isolatoren verlegt. Die Erzeugeranlage besteht aus vier Generatoren, die parallel gefahren werden können, sie werden durch Dieselmotoren angetrieben. Um beim Ausfall eines Generators die übrigen auf das Netz arbeitenden Generatoren nicht durch Überlast zum Abschalten zu bringen, ist das Sicherheitssystem Frensdorff verwendet worden; d. h. die Generatoren arbeiten jeweils über zwei Selbstschalter auf zwei getrennte Sammelschienenpaare. Bei eintretender Überlast schaltet zuerst der Selbstschalter der Sammelschiene ab, an der die weniger wichtigen Verbraucher zusammengefaßt sind; somit bleiben die für den Betrieb lebenswichtigen Verbraucher eingeschaltet. Für die Kommandoanlagen wird 220 V-Wechselstrom in Umformern erzeugt. Gleichzeitig sind zwei 24 V-Generatoren für Ladung der Batterien mit den Umformern gekuppelt. Einer der Umformer kann für Notbetrieb von der Batterie mittels 24 V-Motors betrieben werden. *R. Ht.*

[1]) J. Bahl, Schiffbau 39 (1938) S. 429; 15 S., 18 Abb.

Normen für Steckvorrichtungen.

VDE-Ausschuß für Installationsmaterial.

Anwendung der noch nicht endgültigen Entwürfe auf eigene Gefahr.

Einspruchsfrist: 1. August 1939.

DK 621.316.541 Januar 1939

Installationsmaterial **Lehren für zweipolige Steckdose** 10 A 250 V Elektrotechnik	**DIN** Entwurf 1 VDE 9402 Blatt 2

Maße in mm

Lehre zur Prüfung des Berührungsschutzes bei einpoligem Einstecken

Gewicht des Steckers 250 g

Lehre zur Prüfung der Durchgangslöcher für die Abdeckung

Lehre zur Prüfung des Abstandes der Steckerbuchsen

Lehre zur Prüfung der Federung der Kontaktbuchsen

Gewicht 250 g

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.316.541 Januar 1939

Installationsmaterial **Lehren für zweipolige Stecker** 6 A 250 V Elektrotechnik	**DIN** Entwurf 1 VDE 9401 Blatt 2

Maße in mm

Grenzlehre zur Prüfung des größten Stiftdurchmessers

Gewicht 100 g

Das Maß 20 ändert sich je nach den Toleranzen

Rachenlehre zur Prüfung des kleinsten Stiftdurchmessers

Rachenlehre zur Prüfung des äußeren Abstandes der Steckerstifte

Lehre zur Prüfung des inneren Abstandes der Steckerstifte

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.316.541 Januar 1939

Installationsmaterial **Lehren für zweipolige Stecker** 10 A 250 V Elektrotechnik	**DIN** Entwurf 1 VDE 9403 Blatt 2

Maße in mm

Grenzlehre zur Prüfung des größten Stiftdurchmessers

Gewicht 100 g

Das Maß 20 ändert sich je nach den Toleranzen

Rachenlehre zur Prüfung des kleinsten Stiftdurchmessers

Rachenlehre zur Prüfung des äußeren Abstandes der Steckerstifte

Lehre zur Prüfung des inneren Abstandes der Steckerstifte

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.316.57.064.241

„De-ion" Luftschalter für Speiseleitungen, Motoren und Hilfsbetriebe. [Nach R. C. Dickinson, Electr. Engng. 57 (1938) S. 649; 8 S., 20 Abb.]

Der Aufsatz gibt eine Übersicht über die bisherige Entwicklung der „De-ion" Schalter. Bereits 1928 als Luftschalter eingeführt, wurde er in der Folgezeit hauptsächlich als Ölschalter für hohe Spannungen verwendet. Nunmehr haben neuere Entwicklungsarbeiten eine leistungsfähige Type wiederum als Luftschalter ergeben.

Abb. 1. Die Arbeitsweise des neuen „De-ion"-Luftschalters.

Die Vorteile dieses Schalters gegenüber anderen Luftschaltern beruhen auf der gedrängten Konstruktion, der guten Löschfähigkeit, der kurzen Lichtbogendauer und der leichten Kontrollierbarkeit des Abbrandes. Es sind Möglichkeiten der Entwicklung für Bauarten bis 25 kV bei mäßigen Abschaltleistungen vorhanden.

Das Prinzip der Lichtbogenlöschung beruht in der Hauptsache nach wie vor auf dem von Slepian 1929 angegebenen Verfahren[1]). Die Wirkung beruht auf der Unterteilung des bei der Abschaltung entstandenen Lichtbogens durch ein System von Kupferplatten. Der Gesamtspannungsabfall des Lichtbogens wird in Teilspannungen von je weniger als 250 V zerlegt. Die aktive Länge eines Unterbrechers (De-ion grid) für einen 100 MVA -Schalter bei 2500 V beträgt etwa 13 cm. Die Löschung der einzelnen Teillichtbögen beruht auf der im Zeitraum von einigen Mikrosekunden wiederkehrenden elektrischen Festigkeit der Zwischenräume des Unterbrechers. Eine schnelle Bewegung der Teillichtbögen wird durch magnetische Blasung erreicht. Im allgemeinen schwankt die Lichtbogendauer bei den Nenn-Abschaltströmen zwischen 1 und 2 Halbwellen.

Bei der weiteren Entwicklung haben sich die „De-ion"-Luftschalter besonders vorteilhaft an Stelle von Ölschaltern in Abnehmer-Anlagen erwiesen. In mehreren Bildern werden Typen gezeigt für Spannungen bis 7,5 kV und Abschaltleistungen bis 250 MVA, die im angestrengtesten Industriebetrieb schon bis 150000 Schaltungen bei Nennströmen durchgeführt haben.

Es erhebt sich für den Verfasser die Frage, ob dieser Schalter angesichts der bisherigen Entwicklung nicht den Ölschalter aus den Eigenbedarfsanlagen zu verdrängen in der Lage sei.

[1]) Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 48 (1929) S. 523.

Weiterhin geht Dickinson auf eine Neuentwicklung eines „De-ion"-Luftschalters näher ein, der für 100 MVA bei 2,5 kV bzw. 150 MVA bei 5 kV berechnet ist und vornehmlich für Hilfsbetriebe als Motorschalter und für Speisekabel in Unterwerken geeignet ist (s. Abb. 1). Hervorzuheben ist die interessante und nicht ganz einfach darzustellende Steuerung der Teillichtbögen durch ein Zusammenwirken von elektromagnetischen Feldern mit dem Zweck, die Löschung beim nächsten Nulldurchgang zu erreichen.

Weiterhin beschreibt der Verfasser genau die Einzelheiten des Kontaktsystems sowie die Betätigungsart, um sich dann eingehend den Prüfungsergebnissen von Versuchsmodellen zuzuwenden. Ein Lichtbild zeigt die Abnutzung einer Unterbrecherplatte nach 45 Kurzschlußabschaltungen. Mehrere Tafeln und Oszillogramme geben Auskunft über die Höhe des Abschaltstromes und die wiederkehrende Spannung sowie über die Lichtbogendauer. Auch Dauerversuche bis zu 35000 Schaltungen sind erwähnt. Am Schluß des Aufsatzes sind Konstruktionsschnitte von metallgekapselten Schaltfeldern mit „De-ion"-Luft- und -Ölschaltern gezeigt von je 150 MVA Abschaltleistung bei 2,5 bzw. 5 kV.

In der dem Aufsatz folgenden Besprechung wird der Erfolg des „De-ion"-Luftschalters bestätigt und die öllose Type im allgemeinen gegenüber dem Ölschalter befürwortet, insbesondere für Verwendung in unbedienten Stationen.

Neben dem „De-ion"-Luftschalter wird hier ein weiterer Luftschalter für 125 MVA bei 2,3 kV angegeben, dessen Abschaltleistung nur durch magnetische Blasung erreicht wird. Auch Prüfungsergebnisse in Tabellenform und Oszillogramme von der Wirkungsweise dieses Schalters sind veröffentlicht. *Klm.*

DK 621.313.17.041.1 : 621.548.4

Über die Bemessung von Großwindkraftgeneratoren. [Nach C. Martini, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 83; 6 S., 6 Abb.]

Die Arbeit befaßt sich mit der Wahl der Generatorgrundgrößen: Polzahl, Luftinduktion und Durchmesser bei Generatoren, die in gegenläufige Windräder nach System Honnef eingebaut sind. Eine allgemeine Beziehung zwischen axialer Ankerlänge, Drahtzahl, Durchmesser, Luftinduktion und Flügeldurchmesser wird aus dem Induktionsgesetz abgeleitet und auf angenommene Verhältnisse übertragen.

Der Magnetstreufluß ist berücksichtigt durch eine nach Thomälen aufgestellte analytische Beziehung[1]). Es ergibt sich dabei für die Polkernhöhe eine Gleichung dritten Grades. Der Luftspalt δ (cm) ist als Funktion des Ankerdurchmessers d (cm) mit Rücksicht auf mechanische Sicherheit durch den Ausdruck $\delta = \frac{d}{4000} + 1$ festgelegt. Unter Vernachlässigung der AW. für das Eisen wird die notwendige Amperewindungszahl bestimmt und der dafür notwendige Wickelraum rechnerisch vorgesehen unter der Annahme, daß für 100 AW. 1 cm^2 Fläche benötigt werde. Unter diesen Annahmen werden die einzelnen Gewichtkomponenten sowohl für Eisen als auch für Kupfer an einem für die Ausführung geplanten Beispiel ausgerechnet. Die Ergebnisse sind in Kurven dargestellt, und zwar bei drei verschiedenen Luftinduktionen und konstantem Durchmesser als Funktion der Polzahl, bei zwei verschiedenen Polzahlen und konstantem Durchmesser als Funktion der Luftinduktion und bei verschiedenen Luftinduktionen und konstanter Polzahl als Funktion des Durchmessers. Die kleinsten Gewichte liegen bei der Ausführung mit zwei parallelen Stromkreisen absolut höher und bei höheren Polzahlen und Durchmessern als in der Ausführung

[1]) A. Thomälen, Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik, Julius Springer, Berlin 1929.

mit nur einem Stromkreis; diese Gewichtsverhältnisse sind zum Vergleich ebenfalls kurvenmäßig dargestellt. Fernerhin werden die analytischen Ausdrücke zur Bestimmung der kleinsten Gewichte gegeben.

Man erhält für gegenläufige Großwindräder von 160/120 m Flügeldurchmesser mit rd. 20 000 kW Leistung bei 15 m/s Windgeschwindigkeit günstige Durchmesserwerte zwischen 40 und 60 m, Polzahlen zwischen 300 und 600 und Luftinduktionen um 6000 Gauß. Da die Kurven nur Relativwerte darstellen und infolgedessen die magnetischen und elektrischen Beanspruchungen bei allen Maschinen gleich groß gewählt sind, ergibt die Maschine mit dem geringsten Gewicht auch den besten Wirkungsgrad, wobei allerdings die bei Polzahländerung sich ergebende Änderung der Ummagnetisierungs-Wirbelstrom- und Stromverdrängungsverluste nicht berücksichtigt ist.

Der Aufsatz soll dem projektierenden Ingenieur Hinweise geben, wie für die erste Festlegung der Grundgrößen bei einem solchen Entwurf zweckmäßig vorzugehen ist. *Vb.*

DK 621.311.22(73/79)

Ausbau eines alten Pufferwerkes zu einem neuzeitlichen Grundlastwerk. [Nach Electr. Wld., N. Y. 110 (1938) S. 1448; 3½ S., 3 Abb.]

Das zum Pennsylvania—New Jersey-Netz gehörende, 1903 errichtete Dampfkraftwerk Schuylkill in Philadelphia wurde 1936 grundlegend umgebaut und erweitert. Drei 1915 eingebaute Turbosätze mit insgesamt 85 000 kW von 129 000 kW Kraftwerksleistung wurden belassen und ein neuer Turbogenerator von 50 000 kW ($\cos \varphi = 0{,}85$, 13 800 V) sowie zwei kohlenstaubbeheizte Hochdruckkessel für Dampf von 95 at, 488° C aufgestellt. Dadurch war es möglich, die Wärmeausnutzung von rd. 8000 kcal/kWh vor dem Umbau auf rund 3000 kcal/kWh zu steigern und die Anlage, die früher vorwiegend Pufferzwecken bei der öffentlichen Strom- (60 Hz) und Bahnstromlieferung (25 Hz) diente, als Grundlastwerk zu betreiben. Der neue Turbogenerator nutzt in einer Druck- und 14 Gegendruckstufen das Dampfgefälle von 88 at, 480° C auf 16 at aus. Zum Antrieb verschiedener Hilfseinrichtungen, wie Kondensat- und Kesselspeisepumpen, Vorwärmern, Luftabscheidern usw. wird Abdampf von 16 at, 5 at und 0,35 at verwendet. Besonderes Augenmerk wurde vollkommen sauerstofffreiem Kesselspeisewasser zugewandt, weil man damit seit 1920 gute Erfahrungen in bezug auf leichtere Instandhaltung und längere Lebensdauer der Kessel, Rohrleitungen usw. gemacht hatte. Die Erweiterung brachte keinen größeren Kondenswasserverbrauch. Die baulichen Veränderungen wurden so gering wie möglich gehalten, die neue Hochdruckkesselanlage wurde an Stelle von 24 alten Niederdruckkesseln errichtet, die verbliebenen Kessel wurden auf Ölfeuerung umgestellt und für den Kohlenbunker und die Kohlenstaub-Mahlanlage wurde e in kleiner Zubau geschaffen. *Ob.*

Elektrische Maschinen.

DK 621.313.126.011.6 : 621.313.322.078

Die Bedeutung und Ermittlung der wirksamen Erregermaschinen-Zeitkonstante bei der selbsttätigen Spannungsregelung von Drehstromgeneratoren. [Nach A. Lang, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 5, S. 306; 20 S., 28 Abb.]

Die Schnelligkeit der selbsttätigen Spannungsregelung von Drehstromgeneratoren, die über eine Erregermaschine erregt werden, wird durch die Güte der Stabilisierungseinrichtung des Reglers und die elektromagnetische Trägheit der Erregermaschine bestimmt. Die für den Regelvorgang wirksame Zeitkonstante der Erregermaschine hängt nicht nur von der Erregungsart der Erregermaschine, sondern auch davon ab, ob der die Erregermaschine steuernde Regler den Regelwiderstand stetig oder sprunghaft ändert (Regler ohne oder mit Vibrationsprinzip), sie kann also nur im Zusammenarbeiten von Regler und Erregermaschine ermittelt werden.

Es werden für die fremd- und selbsterregte Erregermaschine beim Arbeiten mit Reglern ohne und mit Vibrationsprinzip die Gleichungen abgeleitet, die eine Berechnung der wirksamen Erregermaschinen-Zeitkonstanten aus der Maschinenkennlinie und den Regelbedingungen ermöglichen.

Für zwei Erregermaschinen werden die wirksamen Zeitkonstanten der Maschinen in den verschiedenen Fällen berechnet und graphisch dargestellt. Die theoretischen Ergebnisse werden mit experimentellen Aufnahmen verglichen, die den Verlauf der Erregermaschinenspannung bei Änderung des stationären Wertes für die verschiedenen Regler und Erregungsarten zeigen. Theorie und Versuch lassen die Überlegenheit des nach dem Vibrationsprinzip arbeitenden Reglers hinsichtlich der Schnelligkeit des Erregungsvorgangs erkennen. Diese Überlegenheit tritt vor allem bei der selbsterregten Erregermaschine auf, in gewissen Fällen ist die wirksame Zeitkonstante der selbsterregten Erregermaschine mit Vibrationsregler kleiner als die der fremderregten Maschine mit Regler ohne Vibrationsprinzip (s. Abb. 2 u. 3). Bei Verwendung von Vibrationsreglern kann daher in vielen Fällen auf die Fremderregung als Mittel zur Beschleunigung des Erregungsvorganges verzichtet werden. In dem Gebiet der Maschinenkennlinie, wo die Steigung der Tangente an die Maschinenkennlinie gleich der Steigung der Widerstandsgeraden ist, kann bei Selbsterregung nur mit einem Vibrationsregler stabil geregelt werden.

a Fremderregung, Regler ohne Vibrationsprinzip
b Selbsterregung, Regler ohne Vibrationsprinzip
c Fremderregung, Regler mit Vibrationsprinzip
d Selbsterregung, Regler mit Vibrationsprinzip

Abb. 2. Die wirksame Zeitkonstante T_e einer Turboerregermaschine (Kennlinie s. Abb. 3) in Abhängigkeit von der Erregermaschinenspannung E bei verschiedener Erregungsart und Reglerart.

Abb. 3. Kennlinie der Turboerregermaschine. α_I und α_{II} Neigungswinkel der Widerstandsgeraden beim Arbeiten mit einem Vibrationsregler.

Die innere Arbeitsweise des Vibrationsreglers, das Spiel der Kontakte und die damit verbundene Schwankung der Erregermaschinenspannung wird durch die wirksame Erregermaschinen-Zeitkonstante, die Statik des Erregerspannungsmagneten und die Relaisverzögerung bestimmt. Die Relaisverzögerung wirkt sich ungünstig auf die Arbeitsweise des Vibrationsreglers aus. Sie vergrößert die Periodendauer und Größe der Pulsation der Erregermaschinenspannung. Durch einen Zusatzmagneten wird die Relaisverzögerung bei höherer Erregermaschinenspannung klein gehalten. Man erreicht damit,

daß sich Frequenz und Amplitude der pulsierenden Spannung wenig mit der mittleren Erregermaschinenspannung ändern, was dann praktisch eine Vergrößerung des Reglerregelbereiches ermöglicht. *Lg.*

DK 621.314.22.013.5

Beitrag zur Streuungsberechnung bei unsymmetrischen Scheibenwicklungen. [Nach W. Knaack, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 5, S. 326; 15 1/2 S., 13 Abb.]

Bekanntlich haben unsymmetrische Scheibenwicklungen im Vergleich mit symmetrischen Scheibenwicklungen, unter sonst gleichen Bedingungen, vergrößerte Streublindwiderstände, die sich mit den einfachen Formeln für die symmetrische Scheibenwicklung nicht errechnen lassen. Wenn man sich auch im allgemeinen bemüht, schon aus mechanischen Gründen im Kurzschlußfall, solche unsymmetrischen Wicklungsanordnungen nach Möglichkeit zu vermeiden, so können sie doch z. B. durch Schaltwindungen entstehen. Häufig aber treten sie als übergelagerte, scheinbare Wicklungen bei der Streuungsberechnung für unsymmetrische Zylinderwicklungen in Erscheinung.[1]).

Es lassen sich bei der unsymmetrischen Scheibenwicklung grundsätzlich zwei Arten unterscheiden.

1. Die eine Wicklung besteht aus n Spulen mit w/n Windungen, die andere Wicklung besteht aus $(n+1)$ Spulen mit $w/(n+1)$ Windungen.
2. Jede Wicklung besteht aus n Spulen mit w/n Windungen.

Zunächst wird für die erste Art eine allgemein gültige Formel für den Streublindwiderstand abgeleitet, und zwar mittels der magnetischen Energie im eisenfreien Raum. Es hat sich nämlich gezeigt, daß die Rechnung mit Flußverkettungen unter Umständen nur zu Näherungswerten führt. Man erhält für den Streublindwiderstand die Formel:

$$x_\sigma = 1{,}3 \cdot f \frac{w^2}{b} \cdot U_m \left\{ \frac{2\,\delta\,(2n+1) + a_1(n+1) + a_2 n}{n\,(n+1)} \right\} K \cdot 10^{-8}\,\Omega,$$

wobei a_1 die axiale Länge der Spule mit $w/(n+1)$ Windungen ist, von denen je eine an den Jochen liegt. Ferner bedeuten

- f Frequenz in Hz,
- w gesamte Windungszahl je einer Wicklung,
- a_2 axiale Länge einer Spule mit w/n Windungen in cm,
- U_m mittlere Windungslänge in cm
- b radiale Höhe einer Spule gleich Länge des Streukanals in cm,
- δ Breite des Streukanals in cm,
- k Korrektionsfaktor für die Streulinienlänge nach Rogowski,

Hierfür gilt die Rechnungsgröße $x_m = 1/2\,(x_s + x_z)$.

Es ist: x_z für Zylinderwicklungen

$$x_z = \frac{b}{2\,(a_1 + a_2 + \delta)},$$

x_s für symmetrische Scheibenwicklungen

$$x_s = \frac{b}{a_1 + a_2 + 2\,\delta}.$$

Der bei derartigen Anordnungen sich einstellende Feldverlauf empfiehlt die Einführung eines mittleren Korrektionsfaktors.

Sodann wird die zweite Art der unsymmetrischen Scheibenwicklungen einer eingehenden Betrachtung unterzogen. Für eine Anordnung, bei der in beiden Wicklungen jeweils die Spulen in Reihe geschaltet sind, erhält man angenähert für den Streublindwiderstand:

$$x_\sigma = 7{,}9\, f \frac{w^2}{b} \frac{U_m}{n} \left\{ \delta + \frac{a_1 + a_2}{3} \right\} K \cdot 10^{-8} \quad \Omega.$$

Angenähert deshalb, weil der Feldverlauf hierbei zeigt, daß es nicht ganz einfach ist, die richtige Streulinienlänge zu ermitteln. Es werden deshalb die bestimmenden Einflüsse eingehend untersucht.

Sehr schwierig werden die Verhältnisse bei Anordnungen der zweiten Art, wenn entweder in einer oder gar in beiden Wicklungen jeweils die zugehörigen Spulen untereinander parallel geschaltet sind. Die Gleichheit der Spannung der parallel geschalteten Spulen einerseits und das Durchflutungsgesetz anderseits bestimmen die Stromverteilung und den Feldverlauf. Aus den zwar nur näherungsweise ermittelten Feldbildern werden dann Formeln für den Streublindwiderstand abgeleitet, aus denen deutlich der Einfluß der Spulenschaltung und damit der Einfluß des Feldverlaufes zu erkennen ist.

[1]) Knaack u. Schwaab, Arch. Elektrotechn. 32 (1938) S. 470; ETZ 59 (1938) S. 781.

Es ist mit den in der Arbeit angegebenen Formeln möglich, auch für unsymmetrische Scheibenwicklungen den Streublindwiderstand zu errechnen. Die Genauigkeit der Rechnung hängt nicht nur von der räumlichen Anordnung ab, sondern auch von der Schaltung der Wicklungen. Wie bei allen unsymmetrischen Anordnungen ist die Bestimmung der richtigen Streulinienlänge sehr schwierig, und bei vielen Anordnungen muß man sich nach wie vor auf Erfahrungswerte stützen.

Die in der Arbeit angeführten Meßwerte zeigen immerhin, daß trotz dieser bestehenden Unsicherheiten die Rechnung doch befriedigende Ergebnisse liefert.

Geräte und Stromrichter.

DK 621.316.923.2.012.7 : 669.27

Kennlinien von Wolfram-Sicherungen. [Nach T. Utiyama u. R. Arai, Electrotechn. J., Tokio 3 (1939) S. 10; 3 S., 7 Abb.]

T. Utiyama und R. Arai untersuchten Feinstromsicherungen mit Schmelzleitern aus Wolframdrähten, die in Glasröhren von 3 bis 5 mm Dmr. unter Luft eingeschlossen waren. Dabei wurden die zu den verschiedenen Schmelzströmen gehörigen Drahtdurchmesser bestimmt. Aus einer größeren Versuchszahl ergab sich der Ansprechwert des Schmelzleiters zu $I = 1{,}64 \cdot D^{1{,}32}$, wobei I der Strom in Ampere und D der Drahtdurchmesser in mm ist. Die Ergebnisse wurden mit den von A. Schwaltz und W. H. N. James für andere Werkstoffe ermittelten Werten verglichen und die Beiwerte und Exponenten für das jeweilige Exponentialgesetz für Wolfram-, verzinnte Kupfer-, Zinn-, Silber- und Aluminiumdrähte angegeben. Oberhalb von 750 °C wirken Oxydations- und Verdampfungserscheinung der Anordnung merkbar auf ihr Widerstandsverhalten ein. Nach den Versuchen erscheinen die in Glasröhren untergebrachten Wolframschmelzleiter für Sicherungszwecke gut geeignet; der Isolationswiderstand der Röhre ist auch nach dem Durchschmelzen gut. Um die Beeinflussung durch die Glaskörperabmessungen festzustellen, wurden weitere Versuche mit solchen von 3 bis 7 mm Außendurchmesser und 20 bis 34 mm Länge gemacht. Die Kennlinien solcher Wolfram-Kleinsicherungen zeigen ihre verschiedenen Anwendungsgebiete für unterschiedliche Belastungsarten und Anlaufverhältnisse. Die Sicherungen können für Grenzströme von etwa 0,1 bis 1 A hergestellt werden und sind daher als Sicherung für einzelne Verbraucherlampen, im Fernsprechwesen und zum Schutz von Meßgeräten gut geeignet. Der Nennstrom muß unter Berücksichtigung der vorhandenen Anlaufbedingungen des Stromverbrauchers festgelegt werden. Im Vergleich zu anderen Strombegrenzern sind diese Sicherungen im Aufbau einfach und außerdem billig; bei ihrer Herstellung müssen die Abmessungen genau eingehalten und streng überwacht werden, um ein betriebsmäßig einwandfreies Arbeiten sicherzustellen. *Tsch.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.7 + 621.314.63.018.7

Der Kurvenformfehler beim idealen Gleichrichter-Instrument. [Nach F. Klutke, Elektr. Nachr.-Techn. 15 (1938) S. 295; 2 S., 3 Abb.]

Der Verfasser führt aus: Die auf dem Gleichrichterprinzip beruhenden Meßinstrumente arbeiten bekanntlich nur dann korrekt, wenn Strom und Spannung sinusförmig sind. Bei anderen Kurvenformen entstehen Fehler, die aber bis jetzt noch nicht genauer untersucht worden sind, weil die üblichen mathematischen Hilfsmittel zur Beschreibung nichtsinusförmiger Vorgänge bei nichtlinearen Systemen versagen oder doch zu sehr umständlichen Rechnungen führen. Der Grund für dieses Versagen ist hauptsächlich in dem Umstand zu erblicken, daß die Fourierentwicklung einer periodischen Funktion eine zweifach unendliche Schar von Parametern, nämlich die Amplituden und die Phasen benötigt. Bei nichtlinearen Systemen können große Irrtümer aus der Vernachlässigung der Phasen entstehen, beispielsweise, wenn man die Wirkung der Oberwellen allein nach dem Küpfmüllerschen Klirrfaktor beurteilen würde. Eine „Rechteckwelle" und eine andere, deren Teilwellen alle die gleiche Frequenz und Amplitude haben wie die entsprechenden Teilwellen der Rechteckwelle, aber so geordnet sind, daß ihre Maxima alle zusammenfallen, haben den gleichen Effektivwert und Klirrfaktor, aber niemand wird behaupten wollen, daß sie auch nur ähnlich wirken. Zur Untersuchung von Kurvenformeffekten sind die neuerdings von H. Jordan angegebenen Hilfsmittel besonders geeignet. —

Der Verfasser nimmt Kurvenformen nach einer von Jordan[1]) angegebenen Funktion

$$y = \frac{\cos x}{+\sqrt{1 + \varepsilon^2 \sin^2 x}}$$

an, und berechnet den Anzeigefehler, der sich bei der Gleichrichtung durch einen Gleichrichter mit „geknickter Kennlinie"

$$\left[y = a\,x \left(\frac{1 + \frac{x}{|x|}}{2} \right), \text{ d. Ber.} \right]$$

ergibt, abhängig von dem Kurvenformparameter ε; er bildet erst den Effektivwert, dann den linearen Mittelwert über eine Halbperiode und berechnet daraus deren Unterschied.

[Anm. d. Berichters: Das Urteil in der Einleitung über die bisherige Behandlung der Kurvenformfrage dürfte nicht ganz zutreffend sein. Zu den „idealen Gleichrichterinstrumenten" sind auch solche mit rein quadratischer Gleichrichtung zu rechnen; sie zeigen den Effektivwert bei beliebiger Kurvenform richtig, und für sie und ähnliche Arten der Gleichrichtung hat auch das Klirrfaktorverfahren einen Sinn. Diese Unklarheiten dürften damit zusammenhängen, daß es sich in der Arbeit nicht um eine Lösung der Kurvenformfrage durch die Jordansche Funktion handelt, sondern umgekehrt, um eine Untersuchung der aus der Jordanschen Funktion sich ergebenden Kurvenformfehler[2]).] *Pfm.*

DK 621.317.2 : 621.314.224.3.089.6

Stromwandler-Prüfeinrichtung mit Differenzschaltung und Kathodenstrahl-Oszillograph. [Nach A. H. Metal, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 71; 2 S., 6 Abb.]

Der Verfasser beschreibt eine neuartige Stromwandler-Prüfeinrichtung, bei welcher der zu prüfende, durch die den Betriebsverhältnissen entsprechende Bürde belastete Wandler in der bekannten Differenzschaltung mit einem Normalwandler verglichen wird und bei welcher die Fehlergrößen (Übersetzungs- und Winkelfehler) mit einem Kathodenstrahl-Oszillographen gemessen werden. Zur magnetischen Beeinflussung des Kathodenstrahl-Oszillographen werden zwei räumlich um 90° gegeneinander versetzte Ablenkspulengruppen benutzt, die von dem Sekundärstrom des Normalwandlers bzw. von dem aus den beiden Sekundärströmen gebildeten Differenzstrom durchflossen werden. Durch das Zusammenwirken der von diesen Strömen erzeugten magnetischen Felder entstehen auf dem Leuchtschirm der Kathodenstrahlröhre ellipsenartige Lissajous-Figuren, die unter bestimmten Bedingungen in einen Kreis oder in eine Gerade übergehen können. Für laufende Messungen ist es zweckmäßig, an dem Leuchtschirm der Kathodenstrahlröhre eine Glas- oder Zelluloidplatte mit Teilungen anzubringen, an denen die Fehlergrößen, die durch die sogenannte „Fehlerellipse" abgebildet werden, unmittelbar abgelesen werden können. Einige Meßergebnisse (1. Fehlerellipsen eines Stromwandlers bei 3 VA und bei 10 VA, $\cos \beta = 1$ und 100% des Nennstromes, Übersetzungsfehler 0,57%, Winkelfehler 23′; 2. Fehlerellipse eines Normalwandlers, Übersetzungsfehler 0,06%, Winkelfehler 2,1′) werden als Beispiele mitgeteilt. *Ggr.*

Verkehrstechnik.

DK 621.335.4

Die Umwälzung im Bau elektrischer Triebwagen. [Nach M. J. Trollux, Électricité 22 (1938) S. 403; 4½ S., 6 Abb.]

Alle Bahngesellschaften mit elektrischem Betrieb haben in der letzten Zeit Triebwagen für hohe Geschwindigkeiten in Dienst gestellt, und es wird in dem Aufsatz gezeigt, daß die Erhöhung der Reisegeschwindigkeit nicht nur der allgemeinen Verkehrsentwicklung folgt, sondern vom technischen und wirtschaftlichen Standpunkt gefordert werden muß. Die Gesamtausgaben steigen bei Erhöhung der Reisegeschwindigkeit kaum, da die Stromkosten nur etwa 8 bis 10% der Gesamtausgaben ausmachen. Man erhält jedoch bei höheren Geschwindigkeiten Ersparnisse an Gehältern und Löhnen für das Fahrpersonal, weil größere Verkehrsleistungen erzielt werden. Unbedingt erforderlich ist die Verkürzung der Reisezeit im Vorortverkehr, da dies die bevölkerungspolitisch erwünschte Auflockerung der Großstädte begünstigt. Mit der Geschwindigkeit wächst die Ausnutzung der Bahnanlagen und Fahrzeuge, wodurch bei gegebenem Verkehr eine Verminderung der Anlagekosten für das rollende Material möglich ist. Auch auf Fernstrecken, wo der elektrische Triebwagen als Personenzug den Zubringerdienst zu den Haltestellen der durchgehenden Schnellzüge versieht, muß seine Reisegeschwindigkeit groß sein, damit er sich in den Gesamtverkehr auf der Strecke reibungslos einpassen läßt. Die hohen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen verlangen die Leichtbauweise, da die Fahrwiderstände mit dem Gewicht und dem Quadrat der Geschwindigkeit wachsen. An dem Beispiel der aus einem Stück geschmiedeten Räder im Vergleich zu den bisherigen Bauformen mit Bandagen wird gezeigt, daß durch die Gewichtsverminderung bei diesen Rädern sich bei jeder Anfahrt eine Stromersparnis von etwa 10% ergibt. Besonders im Vorortverkehr mit häufigen Anfahrten läßt sich trotz der höheren Preise solcher Räder eine Kostenersparnis erzielen. Durch Verwendung von Leichtmetallen an Stelle von Stahl erhält man Gewichtsersparnisse bis zu 55%. Bei großer Zahl jährlich zurückgelegter Wagenkilometer ist auch die Leichtmetallverwendung trotz höherer Anschaffungskosten wirtschaftlich. Die Wirtschaftlichkeitsgrenze hängt natürlich von den Stromkosten und dem Zins- und Amortisationssatz ab. Die Gewichtsverminderung darf allerdings nicht auf Kosten der Festigkeit und Betriebssicherheit durchgeführt werden. Durch die Verkleinerung der Zuggewichte tritt eine Entlastung der Unterwerke auf, bei gleicher Unterwerksleistung kann eine größere Anzahl von Zügen gleichzeitig anfahren, ohne daß die Stromspitzen zu groß werden. Zur Erzielung großer Reisegeschwindigkeiten müssen besonders im Vorortverkehr die Haltezeiten auf den Bahnhöfen verkürzt werden. Dies wird durch richtige Verteilung und Anordnung der Türen, durch stufenlosen Übergang vom Bahnsteig in das Wageninnere und durch zweckmäßige Aufteilung des Wageninneren begünstigt. *Dtt.*

DK 625.1/2(43)(085)

Die Deutsche Reichsbahn im Jahre 1938. Vorläufiger Jahresrückblick[1]).

Im Jahre 1938 hat der Entwicklung der Deutschen Reichsbahn die Eingliederung der deutschen Ostmark und des Sudetenlandes in den Verband des Deutschen Reiches weitgehend das Gepräge gegeben. Die damit verbundene Steigerung der Verkehrs- und Betriebsleistungen hat auch die Erträge erhöht. Die Gesamterträge der Betriebsrechnung werden für das Altreich 4730 Mill RM (4420), einschließlich der Bahnen der deutschen Ostmark rd. 5050 Mill RM betragen. (Die Ziffern in Klammern gelten für 1937.) Der allgemeinen Reichskasse sind an Beförderungssteuer und unmittelbarer Abgabe rd. 460 Mill RM (413) zuzuführen. Die Gesamtschuldenlast der Reichsbahn belief sich Ende 1938 auf 2,3 Mrd RM (2,4), die sich infolge der Übernahme der Schulden der bisher Österreichischen Bundesbahnen um rd. 450 Mill RM erhöhen wird. Die Gesamtbetriebslänge des elektrischen Zugbetriebes betrug Ende 1938 3210 Streckenkilometer (2287) infolge Eingliederung der österreichischen Bundesbahnen mit rd. 915 km, der Münchener Lokalbahn AG. mit rd. 61 km und einer vorher tschechischen Linie mit rd. 23 km. Durch die Eingliederung der österreichischen Linien gingen vier große bahneigene Wasserkraftwerke und eine ansehnliche Zahl von Unterwerken in den Besitz der Reichsbahn über. Die Einrichtung elektrischer Zugförderung auf den Strecken Nürnberg—Halle/Leipzig, Stuttgart—Zuffenhausen—Weil der Stadt, Salzburg—Attnang—Puchheim wurde fortgesetzt. Die Elektrisierung der rd. 12 km langen Vorortlinie der Berliner S-Bahn Priesterweg—Mahlow sowie der 9,5 km langen Strecke Blankenese—Wedel bei Hamburg wurde genehmigt. Am Jahresende betrug die Gesamtlänge der im Ausbau befindlichen Strecken rd. 470 km. Die Umgestaltung des elektrischen Betriebes der Hamburger Stadt- und Vorortbahn auf Gleichstrom von 1200 V ist im Gange. Bei der Berliner S-Bahn wird die Erhöhung der Spannung an der Stromschiene von 800 auf 900 V in Verbindung mit einer selbsttätigen Regelung der Spannung vorgenommen, wodurch eine Verkürzung der Fahrzeiten und eine Einsparung im Energieverbrauch erreicht werden wird. Kupplungen der beiderseitigen Fern- und Fahrleitungen in Bayern und Ostmark wurden angeordnet. Das Mallnitz-Kraftwerk wird um einen Maschinensatz erweitert. Das Elektrotechnische Versuchsamt in München—Freimann erhält einen 7. Meßwagen, der mit den neuesten Meßeinrichtungen für die Untersuchung elektrischer Fahrzeuge bei Geschwindigkeiten bis zu 200 km/h ausgerüstet ist. Für etwa 110 Kreuzungen zwischen Reichsbahnstrecken und Reichsstraßen ist die Aufstellung von Warnlichtanlagen angeordnet worden. An einer großen Zahl von Wegübergängen wurde die Sichtbarkeit der Schranken durch Scheinwerferleuchten wesentlich erhöht. Zur Leistungssteigerung vieler Strecken wurden längere Streckenblockabschnitte unterteilt. Auf der

[1]) H. Jordan, Elektr. Nachr.-Techn. 15 (1938) S. 18.

[2]) Ein Aufsatz „Zur Frage des Kurvenformfehlers von Gleichrichter-Meßgeräten", wird demnächst in der ETZ veröffentlicht.

[1]) Vorjähriger Bericht: ETZ 59 (1938) S. 857.

Berliner S-Bahn wurden über 40 km Bahnstrecken mit selbsttätiger Streckenblockung ausgerüstet. Das Fernmeldenetz wurde durch den Bau von 5000 km neuer Freileitungen, durch Inbetriebnahme von 300 km starkpaariger Fernmeldekabel sowie durch Mehrfachausnutzung der Leitungen mittels Trägerfrequenztechnik wesentlich verbessert. Mit letzterer ist es nunmehr möglich, auf einer einzigen Doppelleitung (Freileitung) außer dem niederfrequenten Gespräch 14 trägerfrequente Fernsprechverbindungen und 8 Telegraphenverbindungen gleichzeitig zu betreiben. Für den Telegraphenverkehr zwischen den Reichsbahndirektionen ist das Fernschreibnetz (Springschreibernetz) auf 76 Verbindungen mit einer Gesamtlänge von etwa 18 000 km in Betrieb. Mit dem Ausbau des Fernschreibnetzes innerhalb der Reichsbahndirektionen wurde begonnen. Im Laufe des Geschäftsjahres wurden in Betrieb genommen 24 elektrische Lokomotiven, ferner vier Steuerwagen für die Stuttgarter Nahbahnen sowie etwa 45 Zugeinheiten aus je einem Trieb- und einem Beiwagen für die Berliner S-Bahnen. Eine der beiden schweren Schnellzug-Lokomotiven 1'Do1', E 19, für 180 km/h Höchstgeschwindigkeit konnte gegen Ende des Jahres dem Versuchsbetrieb zugeführt werden. In Auftrag gegeben wurden 61 elektrische Lokomotiven, davon 44 auf Grund des normalen Fahrzeugbeschaffungsprogramms 1939 (4 Schnellzug-Lokomotiven 1'Do 1', E 18, 7 Personen- und Güterzuglokomotiven Bo' Bo', E 44 und 33 Güterzuglokomotiven Co'Co' E 94) und 17 Lokomotiven im Rahmen eines sogenannten Überbrückungsauftrages an die österreichische Elektroindustrie. Ferner wurden 32 Trieb- und 32 Beiwagen für die Berliner S-Bahn bestellt. Zu den angelieferten Triebwagen mit eigner Kraftquelle seien erwähnt: 8 zweiteilige diesel-elektrische Eilzug-Triebwagen mit 2 × 400 PS Maybach-Motoren, 14 dreiteilige diesel-elektrische Schnelltriebwagen mit 2 × 600 PS Maybach-Auflademotoren, 2 vierteilige diesel-elektrische Schnelltriebwagen mit der gesamten Kraftquelle (1300 PS, langsam laufender MAN-Dieselmotor mit Aufladung) im Endwagen. Bei der Schweißtechnischen Versuchsabteilung Wittenberge waren die Schweißversuche mit Leichtmetallen und ihren Legierungen und mit dem Stahl 52 von besonderer Bedeutung. *Pge.*

DK 621.331 : 625.628.5

Erneuerung der Hamburger Stadt- und Vorortbahn.

Im Jahre 1907 wurde der elektrische Betrieb auf der Hamburger Stadt- und Vorortbahn Blankenese—Ohlsdorf eröffnet. Sie war die erste Stadtbahn, die mit einfachem Wechselstrom betrieben wurde. Im Jahre 1924 wurde ihr die StreckeOhlsdorf—Poppenbüttel angegliedert; ihre Gesamtlänge beträgt 33 km. Die 1907 beschafften elektrischen Triebwagen verkehren noch heute. Ihre elektrische Ausrüstung ist nach dem Kriege erneuert worden, wobei die zunächst vorherrschenden doppelt gespeisten Motoren der Bauart Winter—Eichberg durch leistungsfähige Reihenschlußmotoren ersetzt wurden. Der Wechselstrombetrieb hat sich in der Folgezeit als sehr betriebssicher erwiesen. Trotz starken Verkehrs — die Hamburger Stadtbahn hat in den Hauptverkehrszeiten drei, in den übrigen fünf Minuten Zugfolge— sind nennenswerte Verspätungen sehr selten. Nachdem ein größerer Teil des Triebwagenparkes nunmehr über 30 Jahre alt ist, hat sich die Reichsbahn zur Erneuerung der Anlagen des Stadtbahnbetriebes entschlossen.

Ursprünglich war hierbei nur daran gedacht, die alten Triebwagen durch leistungsfähigere neuzeitlicher Bauart zu ersetzen, den bewährten Wechselstrombetrieb aber beizubehalten. Da aber die im Zusammenhang mit dem Gesetz über die Schaffung von Groß-Hamburg stehenden umfangreichen Pläne für die bauliche Ausgestaltung Groß-Hamburgs voraussichtlich dazu zwingen werden, erhebliche Teile der Stadtbahn unterirdisch zu verlegen, hat sich die Reichsbahn zur Umstellung des Betriebes auf Gleichstrom entschlossen, weil beim Gleichstrombetrieb mit Stromschiene die Fahrleitung über den Gleisen wegfällt und dadurch wesentlich niedrigere Tunnelquerschnitte verwendet werden können als beim Wechselstrombetrieb. Es ist auch beabsichtigt, elektrische Nutzbremsung anzuwenden, die beim Gleichstrombetrieb einfacher und mit günstigerem Wirkungsgrad durchgeführt werden kann.

Die Hamburger Stadtbahn wird bisher aus einem bahneigenen Dampfkraftwerk in Altona gespeist. Außerdem wird etwa ein Viertel der benötigten elektrischen Arbeit aus dem öffentlichen Stromversorgungsnetz durch einen Periodenumformer entnommen, der den Drehstrom von 50 Hz in Einphasenstrom von 25 Hz umformt. Die Reichsbahn hat sich entschlossen, die eigene Stromversorgung aufzugeben und in Zukunft die gesamte elektrische Arbeit aus dem öffentlichen Stromversorgungsnetz zu entnehmen. Es werden zunächst zwei Einspeisepunkte geschaffen, durch die ein bahneigenes Hochspannungskabelnetz mit Drehstrom von 25 kV gespeist wird. An dieses Kabelnetz werden sieben Gleichrichterwerke angeschlossen, die die Stromschienenanlagen speisen. Die Stromschienenspannung ist 1200 V.

Während bisher der Viertelzug, bestehend aus zwei kurzgekuppelten Wagen (Triebwagen und Beiwagen) die Einheit bildete, wird in Zukunft die Einheit aus drei kurzgekuppelten vierachsigen Wagen bestehen. Der mittlere Wagen wird als 2. Klasse ausgerüstet. Die beiden Endwagen werden als Triebwagen mit je vier Motoren von 145 kW Stundenleistung versehen. Je zwei solcher dreiteiligen Einheiten bilden den Vollzug. Es gibt also in Zukunft nur Vollzüge und Halbzüge. Das Gewicht eines Halbzuges beträgt 122 t. Die Beschleunigung ist beträchtlich. Der Zug erreicht in 70 s seine Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h. Es ist elektrische Nutzbremsung vorgesehen, die es gestatten soll, einen Teil der bei dem häufigen Anfahren notwendigen elektrischen Arbeit zurückzugewinnen. Die elektrische Bremse wird so eingerichtet, daß sie beim Absinken der Geschwindigkeit auf etwa 35 km/h selbsttätig auf Widerstandsbremsung umschaltet, ebenso beim Wegbleiben der Fahrdrahtspannung. Außerdem werden die Wagen mit Druckluftbremse ausgerüstet, die als Gefahrbremse dient und bei Betriebsbremsungen zum Abbremsen bis auf Stillstand gebraucht wird.

Die ersten neuen Halbzüge werden im Laufe dieses Jahres geliefert werden. Die Stromverteilungseinrichtungen für den Gleichstrombetrieb befinden sich z. Z. im Bau.

Gleichzeitig mit der Umstellung des Betriebes wird die Bahn auch mit selbsttätiger Streckenblockung versehen, die es erlaubt, die Zugfolge zunächst auf zwei Minuten zu bringen. Für später ist eine weitere Abkürzung der Zugfolge auf 90 s vorgesehen. *sb.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.396.615.14.029.63 : 621.396.622.63.018.41.001.5

Frequenzuntersuchungen an Dezimetersendern mittels Kristalldetektor. [Nach Helmut Schmidt, Fernsehen 1 (1938) H. 2, S. 12; 3 S., 7 Abb.]

Zur Frequenzuntersuchung bei Dezimeterwellen wird ein Meßverfahren durch Zwischenfrequenzbildung mit einem Hilfssender beschrieben (Abb. 4). Der unbekannten Frequenz f_1 wird

S_1	Dezimetersender mit der Frequenz f_1	M	Mischstufe
HS_2	Hilfssender mit der Frequenz f_2	$AK2$	Achtpol-Mischröhre
D	Kristalldetektor	MS_3	Meßsender
$R_1\ C_1,\ R_2\ C_2$	Kopplungsglieder	NF	frequenzabhängiger Niederfrequenzverstärker
		RV	Röhrenvoltmeter

Abb. 4. Schaltung des Frequenzmeßgerätes.

eine konstante Hilfsfrequenz $f_2 = f_1 \pm \Delta f$ überlagert. Frequenzänderungen von f_1 rufen bei der Zwischenfrequenz Δf Änderungen in gleicher absoluter Größe hervor. Durch Wahl von f_2 kann erreicht werden, daß die Zwischenfrequenz etwa zwei Größenordnungen tiefer zu liegen kommt (z. B. 1 bis 10 MHz). Diese Zwischenfrequenz kann dann in einfacher Weise mit einem frequenzgeeichten Sender angepfiffen und die Frequenzänderung meßtechnisch erfaßt werden. Zur Erzeugung der Zwischenfrequenz eignet sich der Kristalldetektor besonders, da er im Dezimeter- und auch Zentimetergebiet einen guten Gleichrichtereffekt liefert. Mit dieser Meßanordnung wurde mit einem Triodensender eine Frequenzabnahme mit steigender Anodenspannung festgestellt. An einem gittergesteuerten Magnetron muß zur Erlangung größter Frequenzkonstanz das Magnetfeld einen Winkel mit dem Heizfaden bilden. Weiterhin ist mit diesem Meßgerät festgestellt worden, daß die Modulation

eines mit Gitter versehenen Magnetrons zur Erzeugung von Amplitudenmodulation am günstigsten anodenseitig vorzunehmen ist, während das Gitter eine konstante Vorspannung erhält. Zur Frequenzmodulation eines Senders wird dagegen die Steuerung eines Gitters empfohlen. *rm.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 621.313/.314.017.32

Drehhysterese-Verluste in Elektroblechen. [Nach F. Brealsford, J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938) S. 566; 10 S., 14 Abb.]

Die Hystereseverluste durch rotierende Magnetfelder, die bekanntlich in elektrischen Maschinen mitunter eine große Rolle spielen, wurden an dünnen Scheiben aus Elektroblechen als Funktion der Induktion bzw. Feldstärke gemessen. Als Meßgerät diente ein Torsionsdynamometer (Scheibe zwischen den Polen eines Elektromagneten), das durch Zurückführung auf stationäre Zustände (Torsionswinkelbestimmung) eine praktische Ausschaltung zusätzlicher Wirbelstromverluste und so eine einfache und direkte Bestimmung gestattete. Die zu überwindende Schwierigkeit lag in der Anisotropie der Proben, d. h. der Verschiedenheit der Magnetisierung nach verschiedenen Richtungen infolge der Fasertextur der Bleche, die Vorzugslagen bedingt und eine Messung an einem einzigen Blech unmöglich machte. Eine rechnerische Behandlung des Problems ergab, daß das Aufeinanderschichten von drei um 120° gegeneinander versetzten Scheiben genügen muß, um die Anisotropie weitgehend auszuschalten, und dementsprechend wurden die Messungen an derartigen Blechpaketen durchgeführt. Die Auswertung zeigte, daß die Verluste durch Drehhysterese mit steigender Induktion zunächst nahezu linear ansteigen, sodann im Gebiet des Knies der Magnetisierungskurve ein (von früheren Beobachtern übersehenes) Maximum aufweisen, um schließlich im Sättigungsgebiet auf Null abzufallen. Dieser eigentümliche Kurvenverlauf ist einschließlich des Maximums auf Grund unserer heutigen Vorstellungen über den Magnetisierungsprozeß leicht zu verstehen, und zwar durch die Annahme, daß diese Verluste nur durch die irreversiblen Prozesse (Barkhausensprünge) zustandekommen und mit deren Verschwinden im Sättigungsgebiet ebenfalls abklingen. *Kmn.*

Physik.

DK 621.385.832 : 538.69

Die Ablenkung des Elektronenstrahls in Braunschen Röhren mittels magnetischer Spulenfelder. [Nach H. Bähring, Fernsehen 1 (1938) H. 2, S. 15; 4 S., 2 Abb., 2 Tafeln.]

Für die Ablenkung des Elektronenstrahls in Braunschen Röhren mittels magnetischer Spulenfelder wird die Gesetzmäßigkeit zwischen Ablenkamplitude, Ablenkspulenform, Amperewindungszahl, Anodenspannung und Elektronenstrahllänge abgeleitet. Das Ablenksystem besteht aus zwei Spulen mit vier parallel zum unabgelenkten Elektronenstrahl laufenden Längsleitern *1,2* und *3,4* (Abb. 5) und der gleichen Leiterzahl z. Die Gesamtwindungszahl des Ablenksystems beträgt somit $n = 2 \cdot z$ Windungen. Für die Ablenkung wird die Näherungsformel:

$$A = 0{,}24\,(I\,n)\,\frac{a}{b^2}\,l_A\,l\,\sqrt{\frac{1}{U}}$$

abgeleitet.

In der Formel bedeuten:

- A die Ablenkamplitude
- $(I\,n)$ die Amperewindungszahl
- a die Spulenbreite (Abb. 5)
- b die diagonale Entfernung der Längsleiter (Abb. 5)
- l_A die Spulenlänge des Ablenksystems parallel zur Richtung des unabgelenkten Strahles
- l die Projektion der Ablenkstrahlenlänge auf die Röhrenachse, bis zur Mitte des Ablenksystems gemessen
- U die Anodenspannung.

Die Gültigkeit der aufgestellten Formel wird mit Versuchswerten belegt. Die größten Abweichungen zwischen berechneter und gemessener Ablenkung liegen bei $\pm$ 3%. *rm.*

1, 2, 3, 4 Ablenkspulen
a Spulenbreite
b diagonale Entfernung der Längsleiter
r Abstand der Längsleiter von der Systemmitte
r_0 Innenradius des Halses der Braunschen Röhre
α Winkel zwischen der Spulenebene und den diagonalen Verbindungsgraden der Längsleiter
$\mathfrak{H}_1$ Feld vom Längsleiter *1* erzeugt; entsprechend *2, 3* und *4*
$\mathfrak{H}_x$ magnetische Feldstärke in der Richtung der *x*-Achse, senkrecht zur Ablenkrichtung

Abb. 5. Schnitt durch das Ablenksystem und Darstellung der Feldkomponenten im Systemmittelpunkt.

AUS LETZTER ZEIT.

DK 621.331

Eröffnung der elektrisierten Reichsbahnstrecke Nürnberg—Saalfeld.

Am 13. d. M. wurde der elektrische Betrieb auf der Strecke Saalfeld—Nürnberg durch den Herrn Staatssekretär Kleinmann in Gegenwart von Vertretern der Partei, Wehrmacht und anderen Behörden eröffnet. Wie alle anderen Fernstrecken der Reichsbahn wird auch diese mit 15 kV, $16^2/_3$ Hz betrieben. Die Streckenlänge beträgt 192 km und umfaßt etwa 650 Fahrleitungskilometer. Man hofft, die Verlängerung, die Strecke Saalfeld—Halle, im nächsten Jahr elektrisch betreiben zu können, einige Jahre später soll dann die Elektrisierung der Strecke Halle—Berlin durchgeführt werden. Dann ist also der elektrische Betrieb der Nord-Süd-Verbindung Berlin—Rom—Reggia möglich. Die Fahrzeit für die Strecke München—Berlin wird nach vollständiger Elektrisierung 5 h 40 min betragen gegenüber 8 h mit Dampfzügen.

Die Ohm-Gedächtnisfeier in Nürnberg.

In H. 15 der ETZ d. J. gedachten wir ausführlich der Verdienste Georg Simon Ohms anläßlich seines 150. Geburtstages und beschrieben die in Köln und Berlin veranstalteten Festsitzungen. Auch am Ohm-Polytechnikum Nürnberg, der Nachfolgerin jener Anstalt, an der Ohm 16 Jahre lang lehrte, wurde sein Geburtstag feierlich begangen. Bei dem von der Stadt veranstalteten Festakt hielt Herr Oberst von Füchtbauer die Gedächtnisrede und im Polytechnikum war eine Ausstellung über das Leben und Wirken Ohms aufgebaut, die u. a. zahlreiche Briefe und Bilder enthielt. Die von Herrn Stud.-Rat Dr. Deuerlein geschaffene Ausstellung wird demnächst auch in Erlangen gezeigt werden. Die Nürnberger Industrie stiftete dem Polytechnikum eine von Prof. Nida-Rümelin geschaffene Büste Ohms.

Ehrung der Erfinder Rühmkorff, Siemens und Goebel.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker, Bezirk Niedersachsen, hielt am 6. Mai d. J. Gedenkfeiern für die drei Erfinder Rühmkorff, Siemens und Goebel, die drei großen Söhne Niedersachsens, ab.

Rühmkorff ist der Erfinder des Funkeninduktors. Er wurde am 15. 1. 1803 in Hannover geboren und fand, wie Herr Dipl.-Ing. Mestermann VDE in seiner Gedenkrede ausführte, in seinem Vaterlande keine Anerkennung; er ging dann nach Frankreich, wo ihm hohe Ehren zuteil wurden.

Die Festgesellschaft begab sich dann zum Geburtsort Werner von Siemens, nach Lenthe. Hier hielt Herr Prof. Dr. Weißmann VDE die Gedenkrede auf den großen Erfinder und Industriellen.

Dann begaben sich die Teilnehmer der Gedenkfeier nach Springe zum Geburtshaus Heinrich Goebels, in dem der Erfinder der elektrischen Glühlampe am 20. 4. 1818 geboren wurde. Der VDE hatte hier vor 10 Jahren eine Gedenktafel angebracht, an deren Fuß eine Glühlampe seitdem Tag und Nacht brennt. Herr Dipl.-Ing. Meyer gedachte des Erfinders in einer Ansprache.

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH.

Zur Statistik der Deutschen Elektrizitätswirtschaft im Jahre 1937.

III. Stromerzeugung der Eigenanlagen, Verbrauchsstatistik, Stromerzeugung in der Ostmark und im Sudetenland*).

DK 621.311.003.1

Stromerzeugung der Eigenanlagen nach Gewerbegruppen und Kraftquellen.

Das Reichsamt gibt auch für das Jahr 1937 wieder eine Aufstellung der Eigenanlagen nach Gewerbegruppen und Kraftquellen geordnet. Während jedoch in den früheren Jahren Zusammenfassungen zu größeren Industriegruppen vorgenommen wurden, ist man jetzt zu einer feineren Aufgliederung geschritten, welche eine bessere Erkenntnis der Bedeutung bestimmter Industriezweige innerhalb der gewerblichen Eigenstromerzeugung ermöglicht. Die Zahlentafel 1 gibt die vom Statistischem Reichsamt veröffentlichten Angaben wieder.

Der Steinkohlenbergbau ist mit rd. 4,5 Mrd kWh der größte Eigenerzeuger von Strom; die Eigenanlagen des Braunkohlenbergbaues erzeugten rd. 2,4 Mrd kWh, also etwas mehr als die Hälfte jener Menge. Weitere große Eigenerzeuger von elektrischem Strom sind die Eisenschaffende Industrie mit 3,9, die chemische Industrie mit 3,4 und die Papierindustrie mit 1,9 Mrd kWh. Dagegen treten andere Großstromverbraucher, wie die Aluminiumhütten, die sonstigen Metallhütten, die Ferrolegierungswerke, Karbid- und Kalkstickstoffindustrie, als Selbsterzeuger von elektrischem Strom zurück. Von der Textilindustrie, die mit 1,4 Mrd kWh zu den größeren Erzeugern zählt, sind die Spinnereien und Webereien mit 750 Mill kWh und die Kunstseiden- und Zellwolleindustrie mit 560 Mill kWh, von der Nahrungs- und Genußmittelindustrie mit 660 Mill kWh, die Zuckerindustrie (300 Mill kWh) und die Brauereiindustrie (133 Mill kWh) diejenigen Zweige, die für die Gesamterzeugung jeder dieser Gruppen entscheidend sind. Der Wasserkraft bedienen sich zur Stromerzeugung unter den Eigenanlagen am meisten die Aluminiumhütten (966 Mill kWh, davon 913 Mill kWh Wasserstrom), Karbid- und Kalkstickstoffindustrie (320 Mill kWh nur Wasserstrom), ferner die Spinnereien und Webereien (750 Mill kWh, davon 175 Mill kWh Wasserstrom) und die Papierindustrie mit Druckereien (rd. 2000 Mill kWh, davon 155 Mill kWh Wasserstrom).

*) Nach Wirtsch. u. Statist. 18 (1938) S. 630; 4 S., 3 Abb — Mit dem vorliegenden Bericht schließt die Statistik ab. Die beiden vorhergehenden Berichte sind veröffentlicht: ETZ 60 (1939) H. 3, S. 83; H. 7, S. 203.

Zahlentafel 1. Die Stromerzeugung der Eigenanlagen nach Gewerbegruppen und Kraftquellen 1937 (in 10^3 kWh).

Industriezweig	Leistungsfähigkeit der Stromerzeuger kW	Stromerzeugung insgesamt	davon aus festen Brennstoffen: Steinkohle	davon aus festen Brennstoffen: Braunkohle, Torf	Wasserkraft	Gas	sonst. Stoffe Öl, Holz usw.
Steinkohlenbergbau	1 397 090	4 464 473	4 002 353	26 595	956	418 769	—
Braunkohlenbergbau	711 619	2 421 793	9 480	2 404 073	218	1 496	253
Erze und anderer Bergbau	18 665	64 230	9 670	36 644	17 557	50	309
Stein- und Kalisalzbergbau	124 550	315 398	73 219	217 994	23 943	—	242
Ton-, Keramische- u. Glasindustrie	24 851	45 935	13 591	22 612	3 255	2 821	3 178
Baustoffindustrie	62 013	159 493	131 955	13 489	3 387	3 235	3 763
Eisenschaffende Industrie	1 002 466	3 899 526	562 134	231 203	24 381	2 978 838	1 909
Eisen- u. Metallverarbeit. Industrie	463 947	785 410	411 052	203 913	69 906	43 107	54 996
Aluminiumhütten	148 445	966 355	34 038	19 000	913 317	—	—
Sonstige Nichteisenmetallindustrie	76 098	241 338	32 228	41 826	8 294	145 894	324
Karbid- u. Kalkstickstoffindustrie	70 350	320 578	—	—	320 578	—	—
Chemische Industrie	824 709	3 398 735	945 594	2 365 103	61 800	22 055	4 179
Chemisch-technische Industrie	44 918	129 551	80 240	43 393	1 769	—	2 500
Kunstseide- u. Zellwollindustrie	161 535	560 554	257 825	297 440	3 958	—	1 331
Spinnereien u. Webereien	416 046	748 400	434 824	124 746	174 996	2 479	11 008
Sonstige Textilindustrie	74 385	109 206	76 422	23 066	7 151	—	1 887
Papierindustrie	486 730	1 942 528	1 290 086	492 124	150 824	83	4 691
Druck- u. Papierverarbeitung	35 332	51 823	17 677	21 913	3 513	927	7 793
Lederindustrie	37 548	65 524	57 409	4 533	1 275	126	672
Kautschuk und Asbestindustrie	22 267	43 383	39 432	2 732	262	—	957
Holz verarbeitende Industrie	58 841	94 332	15 086	13 084	18 117	536	45 937
Zuckerindustrie	275 762	296 444	168 028	123 865	1 381	—	3 109
Süßwarenindustrie	13 199	27 769	14 774	9 663	2 221	15	1 096
Brauereiindustrie	77 781	133 278	109 097	14 855	4 760	245	3 402
Übrige Nahrungs- u. Genußm.-Ind.	97 497	202 270	117 410	43 870	33 760	613	6 617
Verschiedenes	58 609	101 291	33 015	3 416	44 871	5 711	9 019
Deutsches Reich	6 785 200	21 589 613	8 936 639	6 801 152	1 896 450	3 627 000	170 173

Zahlentafel 2. Unmittelbare Stromabgabe an die Verbraucher (in Mill kWh).

1937	Unmittelbare Stromabgabe insgesamt	%	Verkauf: Öffentl. Werke	Verkauf: Eigenanlagen	Verkauf: zusammen	Eigenversorgung: Öffentl. Werke	Eigenversorgung: Eigenanlagen	Eigenversorgung: zusammen
Gewerbliche Betriebe	38 432,0	83,0	18 042,8	1215,5	19 258,3	516,4	18 657,3	19 173,7
Bahnen	1 834,1	4,0	1 478,3	8,1	1 486,4	342,8	4,9	347.7
Landw. Haushaltungen und Kleingewerbe	4 268,1	9,2	4 207,7	56,4	4 264,1	1,0	3,0	4.0
Öffentl. Beleuchtung	199,8	0,4	196,0	3,8	199,8[1])	—	—	—
Eigenverbrauch der Kraftwerke	1 576,3	3,4	—	—	—	802,7	773,6	1 576,9
Insgesamt	46 310,3	100,0	23 924,8	1283,8	25 208,6	1662,9	19 438,8	21 101,7

[1]) Unter Verkauf mitgerechnet.

Die Stromerzeugung der Eigenanlagen beziffert sich für 1937 im alten Reichsgebiet auf 21,589 Mrd kWh; hiervon wurden erzeugt durch feste Brennstoffe 15,738 Mrd kWh oder 72,9%, welche sich mit 8,937 Mrd kWh oder 41,4% auf Steinkohle und mit 6,801 Mrd kWh oder 31,5% auf Braunkohle und Torf verteilen; Wasserkraft liefert 1,896 Mrd kWh oder 8,8% und Gas 3,627 Mrd kWh oder 16,8%, während sich der Rest von 0,328 Mrd kWh oder 1,5% der Gesamtstromerzeugung auf Öl, Holz, Wind und sonstige Kraftquellen verteilt.

Unmittelbare Stromabgabe an die Verbraucher.

Im Jahre 1937 wurden im alten Reichsgebiet ohne Saarland insgesamt 46,3 Mrd kWh verbraucht. Von dieser Menge gelangten 25,2 Mrd kWh durch Verkauf und 21,1 Mrd kWh im Wege der Eigenversorgung zum Verbrauch, wie die Zahlentafel 2 zeigt.

An Wiederverkäufer wurden von den öffentlichen Werken abgegeben:

1935	10,483 Mrd kWh
1936	11,721 „ „
1937	13,600 „ „ .

Die Abgabe der Eigenanlagen an Dritte und zwei in das öffentliche Netz (Wiederverkäufer) und fremde Industriebetriebe zeigte in den letzten drei Jahren die folgenden Ziffern:

	1935	1936	1937	
an Wiederverkäufer . . .	777	987	1102	Mill kWh
an Verbraucher	1128	1388	1294	„ „
insgesamt . . .	1905	2375	2396	Mill kWh.

Zahlentafel 3. Entwicklung des Stromverbrauches nach Abnehmergruppen.

Vom Gesamtstromverbrauch entfielen in den Jahren:

		1935	1936	1937
auf gewerbliche Betriebe	in %	81,5	81,9	83,0
„ Bahnen	„	4,8	4,3	4,0
„ Haushaltungen u. Landwirtschaft	„	10,9	9,9	9,2
„ öffentliche Beleuchtung	„	0,5	0,5	0,4
„ Eigenverbrauch der Kraftwerke .	„	2,3	3,4	3,4
insgesamt . .	in %	100,0	100,0	100,0

Der überragende Anteil des Stromverbrauchs der gewerblichen Betriebe tritt im Jahre 1937 mit 83% noch mehr in Erscheinung als in den Vorjahren (Zahlentafel 3). — In der Zeit von 1933 bis 1937 hat sich der Strombedarf der gewerblichen Wirtschaft von 18,6 auf 38,4 Mrd kWh oder 206%, also auf mehr als das Doppelte erhöht, während die Verbrauchssteigerung bei Bahnen und der Gruppe Haushaltungen und Landwirtschaft 40% beträgt. Den Stand vom Jahre 1933, gleich 100% gesetzt, ergeben die Schaulinien nach Abb. 1.

Die unmittelbare Stromabgabe an gewerbliche Betriebe erfolgt mit etwas mehr als zur Hälfte aus Eigenanlagen; der prozentuale Anteil der Eigenanlagen hat sich seit 1930 von 57% auf 52% im Jahre 1937 gesenkt, wie aus der Zahlentafel 4 zu ersehen ist.

Zahlentafel 4. Unmittelbare Stromabgabe an gewerbliche Betriebe.

	insgesamt	davon aus öffentlichen Werken	davon aus Eigenanlagen	
	Mill kWh			%
1930	21 057	9 024	12 033	57
1934	22 985	10 493	12 492	54
1935	28 538	13 152	15 386	54
1936	33 142	15 611	17 531	53
1937	38 432	18 559	19 873	52

Abb. 1. Entwicklung des Stromverbrauchs nach Abnehmergruppen 1933 ··· 1937. 1933 = 100.

Stromerzeugung in der Ostmark und im Sudetenland.

Im Gegensatz zum alten Reichsgebiet beruht die Stromerzeugung in der neuen Ostmark zu 80% auf der Wasserkraft; ähnlich liegen die Verhältnisse in unserem jüngsten deutschen Gau, dem Sudetenland. Die vielfach alpine Beschaffenheit des Bodens und die reichlichen Wasserläufe bergen in sich einen Reichtum von noch unausgenutzten Naturkräften, welche zu den besten Hoffnungen für die deutsche Wirtschaft berechtigen. In der großdeutschen Stromerzeugung wird der aus dieser Wasserkraft gewonnene und auf dem Wege der Verbundwirtschaft über das ganze Reich verteilte Strom der gesamten Wirtschaft zugute kommen. Die bereits tatkräftig in Angriff genommene Planung im Rahmen des Vierjahresplanes zur Nutzbarmachung bedeutender ostmärkischer Wasservorkommen stellen erst den Anfang einer intensiveren Strombewirtschaftung dar und bieten gute Aussichten für die Zukunft. Trotzdem wird die beherrschende Stellung der Kohle in der deutschen Elektrizitätswirtschaft auf lange Jahre hinaus nicht beeinträchtigt werden. *Trb.*

Ein Runderlaß des Reichsarbeitsministers.

Der Reichsarbeitsminister veröffentlicht im Reichsarbeitsblatt vom 25. 2. 1939 einen Runderlaß, der davon ausgeht, daß die staatlichen Gewerbeaufsichtsämter an der vom Amt „Schönheit der Arbeit" durchgeführten Aufklärungstätigkeit „Gutes Licht" starken Anteil nahmen.

Die lichttechnischen Erhebungen in den Betrieben, die während der letzten Jahre erfolgten, hatten aber auf Grund der von der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft ausgearbeiteten Leitsätze zu dem Ergebnis geführt, daß die Tagesbeleuchtung in der Mehrzahl der Betriebe zufriedenstellte, hingegen bedarf die künstliche Beleuchtung in fast 80% der besichtigten Werke einer Verbesserung. Der Erlaß folgert daher, daß die lichttechnischen Leitsätze, entstanden aus der Erkenntnis über die beste Sehleistung und aus praktischen Erfahrungen gewonnen, noch nicht überall die Beachtung finden, welche die Voraussetzung für die Erzielung hoher Leistungen unter weitgehender Schonung der menschlichen Arbeitskräfte ist.

Künstliches Licht, das bei nicht genügendem Tageslicht erforderlich wird, muß vor allem ausreichende Beleuchtungsstärke, Blendungsfreiheit, richtige Schattigkeit und Gleichmäßigkeit aufweisen. Bei der Prüfung gewerblicher Neu- und Umbauten sind die lichttechnischen Leitsätze, in denen diese Grundsätze festgelegt wurden, von den Gewerbeaufsichtsämtern als Richtlinien für ihre Anordnungen zu benutzen.

Im Anschluß beschäftigt sich der Erlaß mit der Weiterentwicklung der Lichttechnik und der praktischen Anwendung der auf diesem Gebiet gewonnenen Erkenntnisse und hebt die Förderung hervor, die das Amt „Schönheit der Arbeit" mit Unterstützung der zuständigen Organisation der Industrie und Wirtschaft durch den Hauptausschuß „Gutes Licht" der Beleuchtung in den Betrieben angedeihen läßt. Besonders wichtig sei die Arbeit der 54 neutralen, lichttechnischen Beratungsstellen, die im ganzen Reich errichtet wurden und Betriebsführer, Architekten und Arbeitsschutzwalter kostenlos und fachmännisch beraten.

Die ausgezeichneten Erfolge der Beratungsstellen geben dem Reichsarbeitsminister Veranlassung, auf eine enge Zusammenarbeit der staatlichen Gewerbeaufsicht mit dem Hauptausschuß „Gutes Licht" hinzuwirken. Die Gewerbeaufsichtsämter sollen mit den in ihren Bezirken vorhandenen Lichtberatungsstellen in Verbindung treten, sich über ihre Einrichtungen und Arbeitsweise fortlaufend unterrichten und weiter bei Betriebsbesichtigungen und sonstigen Gelegenheiten Betriebsführer, Architekten usw. auf die kostenlosen Beratungsmöglichkeiten durch diese Stellen hinweisen.

621.311.1.003(43)

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland*). [Nach Wirtsch. u. Statist. 19 (1939) H. 4, S. 133; 1/4 Sp.]

Die vom Statistischen Reichsamt erfaßten 122 Elektrizitätswerke erzeugten im Jahre 1938 insgesamt 29,6 Mrd kWh gegenüber 26,63 Mrd kWh im Jahre 1937 (Zahlentafel 1, Abb. 1). Dies sind also 2,97 Mrd kWh oder rd. 12% mehr. Die arbeitstägliche Erzeugung stieg von 86,0 Mill kWh im Jahre 1937 auf 96,7 Mill kWh, also um ebenfalls 12%. Der Verbrauch der statistisch erfaßten Abnehmer hat sich ebenfalls beträchtlich gehoben (Zahlentafel 1, Abb. 2). Während der Gesamtverbrauch im Jahre 1937 bei 10,15 Mrd kWh lag, stieg er im Jahre 1938 auf 11,75 Mrd kWh, d. s. 16%. Auf den Arbeitstag bezogen, verbrauchten die gewerblichen Abnehmer 1938 durchschnittlich 38,4 Mill kWh gegen 33,3 Mill kWh 1937, sie steigerten ihren Verbrauch also um rd. 15%. Der arbeitstägliche Verbrauch je kW Anschlußwert stieg von 5,77 kWh/kW des Jahres 1937 auf 6,43 kWh/kW im Jahre 1938. *s.*

Abb. 1. Monatliche und arbeitstägliche Stromerzeugung von 122 E-Werken.

Abb. 2. Monatlicher Verbrauch gewerblicher Abnehmer von 103 E-Werken.

Zahlentafel 1.

Monat	von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh				Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken unmittelbar belieferten gewerblichen Abnehmer					
	insgesamt		arbeitstäglich		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch			
							insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1938	1937	1938	1937	1938	1937	1938	1937	1938	1937
Jan.	2502,0	2176,0	100,1	87,0	906,1	791,9	36,2	31,7	6,16	5,61
Febr.	2226,9	1988,1	92,8	82,8	857,6	780,1	35,7	32,5	6,14	5,75
März	2410,2	2055,6	89,3	82,2	931,9	810,1	34,5	32,4	5,92	5,72
April	2253,7	2017,6	93,9	77,6	887,0	817,3	37,0	31,4	6,30	5,51
Mai	2307,9	1899,6	92,3	82,6	944,3	774,9	37,8	33,7	6,40	5,94
Juni	2157,4	2009,0	86,3	77,3	917,8	821,1	36,7	31,6	6,19	5,51
Juli	2320,7	2092,8	89,3	77,5	963,4	839,6	37,1	31,1	6,22	5,39
Aug.	2454,6	2190,8	90,9	84,3	1007,3	865,3	37,3	33,3	6,24	5,76
Sept.	2489,5	2257,0	95,7	86,8	1023,2	886,7	39,4	34,1	6,52	5,85
Okt.	2684,9	2398,5	103,3	92,2	1078,4	908,7	41,5	35,0	6,80	5,98
Nov.	2795,7	2506,0	111,8	100,2	1090,0	916,2	43,6	36,6	7,10	6,25
Dez.	2998,0	2639,5	115,3	101,5	1142,2	937,0	43,9	36,0	7,11	6,10

*) Letzte Veröffentlichung: ETZ 59 (1938) S. 1279.

DK 621.335.43 + .5-835.003.1

Die wirtschaftlichen Vorteile akkumulator-elektrischer Fahrzeuge. [Nach M. Porthault, Électricité 22 (1938) S. 317; 6 S., 11 Abb.]

Die Batterie eines akkumulator-elektrischen Fahrzeuges muß in einem angemessenen Verhältnis zur Nutzlast und dem Gesamtgewicht des Wagens stehen. Wenn die Entladung der Batterie in kurzen, von Ruhepausen unterbrochenen Abschnitten erfolgt, ist ihre Kapazität größer, als wenn sie hintereinander entladen wird. Die Kapazität der Batterie wächst mit der Dauer der Entladung. Sie ist um so größer, je geringer der Entladestrom ist, so daß der durch größere Schnelligkeit des Fahrzeugs bedingte höhere Stromverbrauch eine Verminderung der Kapazität und damit des Fahrbereichs des Wagens zur Folge hat. Wenn man die Geschwindigkeit eines Elektrolastwagens für z. B. 1000 kg Nutzlast von 25 km/h auf 35 km/h, also um 40%, erhöht, so steigt der Stromverbrauch für die gleiche Strecke um rd. 50%. Es ist deshalb notwendig, um die begrenzte Kapazität der Batterie in günstigster Weise auszunutzen, dem Elektrowagen eine nur mäßige Geschwindigkeit zu geben. Mäßige Geschwindigkeit und ein begrenzter Fahrbereich mit häufigem Anhalten gewährleistet eine gute Ausnutzung der Batterie. Teilaufladungen von kurzer Dauer in den Pausen der Betriebszeit ermöglichen eine Erweiterung des Fahrbereichs.

Akkumulator-elektrische Last- und Lieferwagen werden in Frankreich z. Z. noch verhältnismäßig wenig verwendet. Elektrokarren werden, wie in Deutschland, zur Lastenbeförderung auf kurzen Strecken hauptsächlich im inneren Verkehr eingesetzt.

In einigen Städten wurden auch akkumulator-elektrische Omnibusse für den öffentlichen Verkehr benutzt. Außerdem sind Leichenwagen, Straßenreinigungs- und Müllabfuhrwagen und Kanalreinigungsfahrzeuge mit akkumulator-elektrischem Antrieb in Betrieb. Auch werden in Frankreich Akkumulator-Schienentriebwagen mit verhältnismäßig schweren Batterien verwendet; sie haben ein Leergewicht von etwa 20 t einschließlich der Batterie. Diese wiegt 6 t und hat eine Kapazität von 800 Ah. Die Wagen haben einen Fahrbereich mit einer Batterieladung von 200 km und eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 25 bis 27 km/h. Schließlich sind für Rangierzwecke und in Bergwerken Akkumulator-Lokomotiven in Betrieb.

Da der Nahverkehr in den Städten für den Brennkraftwagen einen bedeutenden Brennstoffverbrauch und eine schnelle Abnutzung mit sich bringt, so steht hier dem Elektrowagen wegen seines geringen Stromverbrauchs, seiner niedrigen Betriebskosten und seiner geringen Reparaturbedürftigkeit noch ein umfangreiches Betätigungsfeld offen. In den V. S. Amerika laufen trotz der billigen Benzinpreise und der billigen Brennkraftwagen z. Z. etwa 25 000 Stück. In England und in Frankreich sind für ihre Verwendung die Ersparnisse, die Anpassung, Hygiene, Zuverlässigkeit und Einfachheit der Bedienung bestimmend. Sie werden in besonderem Maße für die Mülleinsammlung, Müllabfuhr und Straßenreinigung in den Städten verwendet. Seit 1928 haben 93 englische Städte für diese Zwecke Elektrowagen eingestellt; in Frankreich mehr als 30 Städte. In Frankreich wurden kürzlich von der Regierung Maßnahmen zur Begünstigung von Kraftwagen für heimische Treibstoffe durchgeführt, indem die Steuern herabgesetzt und Einkaufsprämien gewährt wurden.

Aus der Gegenüberstellung eines Elektrowagen- und eines Benzinwagenbetriebs für die gleichen Aufgaben ergibt sich, daß die Gesamtkosten des elektrischen Betriebes etwa ein Drittel weniger betragen als die des Benzinwagenbetriebes. Der Unterschied zugunsten des akkumulator-elektrischen Wagens ist am größten bei der Amortisation und Instandhaltung. Neben den Betriebsersparnissen und den anderen bereits genannten Vorteilen bietet die Einfachheit seiner Antriebsvorrichtung, noch den Vorteil, daß der Wagen viel seltener als jeder andere Kraftwagen zu Instandsetzungen aus dem Betrieb gezogen werden muß, so daß sich bei ihm eine Höchstzahl von Arbeitstagen ergibt. Bei der augenblicklichen Wirtschaftspolitik der fran-

zösischen Regierung, die Fahrzeuge für den Betrieb mit heimischen Treibstoffen zu begünstigen, darf angenommen werden, daß der elektrische Last- und Lieferwagen in Frankreich bald in gleichem Maße wie im Ausland eingesetzt wird. Zweifellos würde mit einer Vergrößerung des Marktes auch eine Verbilligung der Anschaffungskosten verbunden sein. *Rgr.*

STATISTISCHE MITTEILUNGEN.

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Jugoslawien — Elektroeinfuhr 1938. Die jugoslawische Elektroeinfuhr betrug 1938 10,6 Mill RM und ist damit gegenüber dem Vorjahr nahezu unverändert geblieben; gegen 1936 ist eine Zunahme von rund 54% eingetreten (Zahlentafel 1). Von den Warengruppen haben das Ergebnis von 1937

Zahlentafel 1. Jugoslawien. Elektroeinfuhr 1936 bis 1938 nach Warengruppen.

Warengruppe	1936	1937	1938	Anteil a. d. Gesamt-Elektroeinfuhr		
	1000RM	1000RM	1000RM	1936 %	1937 %	1938 %
Dynamomaschinen, Elektromotoren, Transformatoren usw.	1 740	3 190	2 801	25,3	30,0	26,4
Ventilatoren, Blasbälge usw.	164	224	289	2,4	2,1	2,7
Kondensatoren u. Akkumulatoren, Bleielektroden für Akkumulat., Elemente	109	163	168	1,6	1,6	1,6
Kabel u. isolierte Drähte	343	829	836	4,9	7,8	7,9
Meß- u. Zählvorrichtungen	273	332	377	4,0	3,1	3,6
Anlaß-, Schalt- u. Sicherheitsapparate	219	408	413	3,2	3,9	3,9
Telegraphie u. Telephonie mit Draht, Klingeln, Signalapparate	408	718	862	5,9	6,7	8,2
Drahtlose Telegraphie und Telephonie	1 903	2 199	1 792	27,7	20,7	17,0
Glühlampen	386	370	404	5,6	3,5	3,9
Röntgenröhren u. ähnl.	64	60	58	0,9	0,6	0,6
Koch- und Heizapparate	62	83	113	0,9	0,8	1,1
Elektroden für Öfen	107	236	385	1,6	2,2	3,6
and. Kohle f. d. Elektrot.	70	191	266	1,0	1,8	2,5
nicht bes. ben. Apparate f. die Elektrotechnik	1 030	1 611	1 802	15,0	15,2	17,0
Insgesamt	9 878	10 614	10 566	100	100	100

im letzten Jahre nicht erreicht die Gruppen Maschinen (— 12%), und vor allem drahtlose Telegraphie und Telephonie (— 19%). In den meisten übrigen Gruppen ist das Vorjahrsergebnis überschritten worden, genannt seien von den Gruppen mit größeren Zunahmen Telegraphie und Telephonie mit Draht (+ 14%) und Kohle (+ 50%). Deutschland steht unter den Lieferländern nach wie vor an erster Stelle (Zahlentafel 2), wenn auch der

Zahlentafel 2. Jugoslawien. Elektroeinfuhr 1936 bis 1938 nach Herkunftsländern.

Herkunftsländer[1])	1936	1937	1938	Anteil a. d. Gesamt-Elektroeinfuhr		
	1000RM	1000RM	1000RM	1936 %	1937 %	1938 %
Deutschland	3 134	6 217	5 901	45,6	58,6	55,8
Österreich	1 416	1 376	1 286	20,6	13,0	12,2
Ungarn	584	725	840	8,5	6,8	7,9
Niederlande	572	635	495	8,3	6,0	4,7
Schweiz	186	247	447	2,7	2,3	4,2
Tschecho-Slowakei	297	290	382	4,3	2,7	3,6
Schweden	244	121	355	3,5	1,1	3,4
Italien	11	102	234	0,1	1,0	2,2
Großbritannien	179	490	219	2,6	4,6	2,1
Frankreich	55	149	163	0,8	1,4	1,5
V. S. Amerika	130	130	142	1,9	1,2	1,4
Belgien	38	105	69	0,6	1,0	0,7
sonstige Länder	32	27	33	0,5	0,3	0,3
Insgesamt	6 878	10 614	10 566	100	100	100

[1]) Geordnet nach der Größe 1938.

absolute Einfuhrwert 1938 kleiner ist als 1937. Insgesamt lieferte Großdeutschland 1938 68% gegenüber 1937 71% der jugoslawischen Einfuhr. Wichtigste Lieferländer waren außerdem Ungarn, Holland und Schweiz, die 1938 zusammen fast 17% lieferten gegenüber 1937 15%.

Polen — Elektroeinfuhr 1938*). Die polnische Elektroeinfuhr betrug im Jahre 1938 26,9 Mill RM. Gegenüber dem Jahre 1937 ist sie um 8,4 Mill RM oder 45% gestiegen (Zahlentafel 1). An dieser günstigen Entwicklung haben die meisten

Zahlentafel 1. Polen. Elektroeinfuhr 1936 bis 1938 nach Warengruppen.

Warengruppen	1936	1937	1938	Anteil a. d. Gesamt-Elektroeinfuhr		
	1000RM	1000RM	1000RM	1936 %	1937 %	1938 %
Generatoren, Motoren, Umformer, Transformat. u. Teile, Ventilat. usw.	4 796	4 441	6 050	26,6	23,8	22,4
Quecksilberdampf-Gleichrichter	261	269	298	1,4	1,4	1,1
Akkumulatoren u. Elemente	41	167	103	0,2	0,9	0,4
Kabel u. isolierte Drähte	735	599	586	4,1	3,2	2,2
Meß- u. Zählvorrichtungen	788	970	1 209	4,3	5,2	4,5
Anlaß-, Schalt- u. Sicherheitsapparate u. -vorrichtungen	2 059	1 709	2 520	11,3	9,2	9,3
Installationsmaterial	297	321	469	1,6	1,7	1,7
Kondensatoren	495	587	692	2,7	3,2	2,6
Telegraphie u. Telephonie mit Draht; Signalvorrichtungen	1 501	942	2 418	8,2	5,1	9,0
Drahtlose Telegraphie und Telephonie	854	633	1 125	4,7	3,4	4,2
Radioröhren	817	991	860	4,5	5,3	3,2
Glühlampen	753	875	997	4,2	4,7	3,7
Taschenlampen	133	193	150	0,7	1,0	0,6
Bogenlampen, Scheinwerfer, Vakuumröhren u. a. Lampen	69	199	243	0,5	1,1	0,9
Koch- u. Heizapparate	138	172	201	0,8	0,9	0,7
Industrieöfen	79	251	429	0,4	1,4	1,6
Schweißmaschinen	190	312	527	1,1	1,7	2,0
Pumpen, Kräne usw.	301	612	1 453	1,7	3,3	5,4
Bohr- u. Schleifmaschinen	251	1 334	2 393	1,4	7,2	8,9
Staubsauger, Bohnermaschinen	49	119	129	0,3	0,6	0,5
Röntgen- u. elektromedizinische Apparate	365	543	900	2,0	3,0	3,3
Röntgenröhren	91	114	114	0,5	0,6	0,4
Kohle f. d. Elektrotechnik	1 199	978	1 475	6,6	5,3	5,5
Elektroporzellan usw.	376	347	297	2,1	1,9	1,1
sonstiges	1 473	915	1 306	8,1	4,9	4,8
Insgesamt	18 111	18 593	26 944	100	100	100

Warengruppen teilgenommen. Rückläufig war die Einfuhr lediglich in den Gruppen Akkumulatoren und Elemente, Taschenlampen, Radioröhren, Elektroporzellan. Bei Kabeln und isoliertem Draht ist sie nahezu unverändert geblieben. Die größten Steigerungen hatten insbesondere die Gruppen für das Anlagengeschäft zu verzeichnen. So stieg die Einfuhr der großen Gruppen Maschinen um 36%, Schalt- und Sicherheitsapparate um 48%; in den Gruppen Pumpen und Bohr- und Schleifmaschinen sind noch weit größere Zunahmen — im 1. Fall mehr als eine Verdoppelung, im 2. Fall eine Zunahme von fast 80% — zu verzeichnen. Ebenso ist in der Gruppe Telegraphie und Telephonie mit Draht eine Einfuhrsteigerung von 157% und bei drahtloser Telegraphie und Telephonie eine Steigerung von 78% eingetreten. Wichtigstes Lieferland ist Großdeutschland gewesen (Zahlentafel 2), von wo 1938 59% gegenüber 1937 52%

Zahlentafel 2. Polen. Elektroeinfuhr 1936 bis 1939 nach Herkunftsländern.

Herkunftsländer[1])	1936	1937	1938	Anteil a. d. Gesamt-Elektroeinfuhr		
	1000RM	1000RM	1000RM	1936 %	1937 %	1938 %
Deutschland	5 464	7 988	15 913 (Deutschland u. Österreich zusammen)	30,2	43,0	59,1 (Deutschland u. Österreich zusammen)
Österreich	1 522	1 764		8,4	9,5	
Großbritannien	6 096	2 893	2 785	33,7	15,5	10,3
Schweden	1 488	980	1 874	8,2	5,3	6,9
V. S. Amerika	450	685	1 693	2,5	3,7	6,3
Niederlande	1 332	1 797	1 613	7,3	9,7	6,0
Frankreich	337	468	974	1,9	2,5	3,6
Schweiz	593	922	814	3,3	4,9	3,0
Ungarn	183	359	375	1,0	1,9	1,4
Tschecho-Slowakei	294	221	285	1,6	1,2	1,1
sonstige Länder	352	516	618	1,9	2,8	2,3
Insgesamt	18 111	18 593	26 944	100	100	100

[1]) Geordnet nach der Größe 1938.

der polnischen Elektroeinfuhr bezogen worden sind. Weitere 29% wurden 1938 aus den Ländern Großbritannien, Schweden, V. S. Amerika und Niederlande geliefert, die im Jahre 1937 mit 34% an der Belieferung Polens beteiligt waren.

*) Polnisches Zollgebiet: Polen—Danzig.

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G.m.b.H.: Berlin 223 84.

Zur Tagung der deutschen Elektrotechniker in Wien.

Als während der 40. Mitgliederversammlung des VDE im Gürzenich zu Köln verkündet wurde, daß die Tagung des Jahres 1939 in der Hauptstadt der deutschen Ostmark stattfinden sollte, wurde dieser Beschluß des Vorstandes mit stürmischem Beifall begrüßt. Damals stand das gesamte deutsche Volk noch unter dem Eindruck des gewaltigen Geschehens, war es doch erst wenige Wochen her, daß der Führer die deutschen Brüder der Ostmark ins Reich zurückgeholt hatte. Und heute zeigt die große Zahl der Anmeldungen, daß die weiten Entfernungen den Wunsch der Elektrotechniker im Altreich nicht haben beeinträchtigen können, an der ersten Tagung des VDE in der Ostmark teilzunehmen.

Es ist aber nicht das erstemal, daß die Fachgenossen der Ostmark eine VDE-Tagung miterleben. Die Hauptveranstaltung der 34. Jahresversammlung des VDE im Jahre 1929 in Aachen ist eine Ferntagung gewesen, an die der Elektrotechnische Verein in Wien, der Ungarische Elektrotechnische Verein und das Königliche Ingenieurinstitut im Haag angeschlossen waren. Der Vorsitzende des Elektrotechnischen Vereins in Wien führte damals u. a. folgendes aus: „Der Elektrotechnische Verein Wien ist mit dem Verband Deutscher Elektrotechniker aufs engste befreundet und zwischen vielen der beiderseitigen Mitglieder bestehen persönliche Beziehungen. An den Tagungen des Verbandes war unser Verein immer durch Abgesandte vertreten. Aber diesmal wird uns mehr ermöglicht. Die Gesamtheit unseres Vereins kann durch die geschaffenen technischen Einrichtungen an der Eröffnungssitzung der Verbandstagung teilnehmen." Und weiter fügte er hinzu: „Forschen und Schaffen ist in Deutschland nach schwerer Krise trotz hemmender wirtschaftlicher Belastung zu neuer Blüte gelangt und deutscher Geist und deutsche Tatkraft ist wieder am Werke. Mit deutschem Schlag unserer österreichischen Herzen verfolgen wir jede Kulturtat unserer Brüder im Reich".

Deutlicher konnte die Sehnsucht der deutschen Ostmark nach einer engeren Vereinigung mit dem Reich damals nicht zum Ausdruck gebracht werden, denn das Versailler Diktat mit seinem Verbot des Anschlusses stützte noch das Bestehen des österreichischen Staatsgebildes. Erst nach der Vereinigung der Ostmark mit dem Reich konnte dieser Wunsch in dem zwischen dem Elektrotechnischen Verein in Wien und dem VDE geführten Telegrammwechsel[1]) in klaren Worten zum Ausdruck gebracht werden. Heute finden sich die Fachgenossen der Ostmark und die des Reiches gemeinsam in der Fachgruppe Energiewissenschaft der großen Organisation der gesamten deutschen Technik, des NSBDT. Hiermit ist auf den VDE die Verpflichtung übergegangen, die Tradition des Elektrotechnischen Vereins Wien auf technisch-wissenschaftlichem Gebiete weiterzuführen.

Der Elektrotechnische Verein Wien wurde als dritter Verein dieser Art nach denjenigen in Berlin und Frankfurt a. M. im Jahre 1883 unmittelbar vor der Eröffnung der Wiener Internationalen Elektrischen Ausstellung gegründet. Im gleichen Jahre entstand auch die Zeitschrift des Vereins, die heute unter dem Namen „Elektrotechnik und Maschinenbau" großes Ansehen in den Fachkreisen der ganzen Welt genießt. Diese Zeitschrift hat der VDE im Jahre 1939 in seine Obhut genommen und ihr als Sonderaufgabe die Bearbeitung der Fragen des Elektromaschinenbaues, der Transformatoren und Stromrichter und der elektrischen Antriebe zugewiesen.

Eine der wichtigsten Aufgaben des Elektrotechnischen Vereins Wien war die Aufstellung von Sicherheitsvorschriften und Normen für das Gebiet der Elektrotechnik, also die gleiche Aufgabe, die der VDE für das Reichsgebiet übernommen hatte. Bereits im Jahre 1888, also sieben Jahre vor dem Erscheinen der ersten VDE-Vorschriften, hatte der Elektrotechnische Verein Wien Sicherheitsvorschriften herausgegeben. Diese Vorschriften wurden sogar in noch stärkerem Umfang als die VDE-Vorschriften durch die Behörden anerkannt und in Gesetzen und Verordnungen verankert. Bei der seit jeher bestehenden freundschaftlichen Zusammenarbeit zwischen dem EVW und dem VDE war es selbstverständlich, daß auch auf dem Gebiet des Vorschriften- und Normenwesens eine enge Zusammenarbeit bestand, so daß eine weitgehende Übereinstimmung zwischen den Vorschriften beider Körperschaften herbeigeführt wurde. Bei der nunmehr in Aussicht genommenen Überführung des Vorschriftenwerkes des EVW in die VDE-Bestimmungen und der dadurch bedingten Umstellung der ostmärkischen Industrie und Elektrizitätsversorgung wird diese weitgehende Übereinstimmung wesentliche Erleichterungen bringen.

Auch auf dem Gebiet der fachlichen Unterrichtung und Weiterbildung der ostmärkischen Mitglieder der Fachgruppe Energiewissenschaft des NSBDT. durch Schrifttum und Vortragswesen hat der VDE eine Verpflichtung übernommen. Die Elektrotechniker der Fachgruppe erhalten wie die VDE-Mitglieder die ETZ und werden durch Vortragsveranstaltungen über die Entwicklung ihres Fachgebietes unterrichtet. Es wird den Wünschen vieler Mitglieder des VDE entsprechen, bei einer Jahrestagung ihres Verbandes mit den Fachgenossen der Ostmark in engere Verbindung treten und gemeinsame Fragen besprechen zu können.

Die Tagung beginnt am Mittwoch, dem 31. Mai, mit einer Abendveranstaltung, bei der SA.-Gruppenführer Giesler über „Die Verpflichtung unserer Zeit" spricht. Seine Ausführungen werden einen Appell darstellen, das neue deutsche Leben zu begreifen, zu bejahen und in ihm auch zu handeln. — Der zweite Tag sowie der Freitag vormittag sind der technisch-wissenschaftlichen Arbeit des VDE gewidmet. Insgesamt werden 52 Fachberichte in 13 Fachgruppen vorgetragen, wobei die Mehrzahl der Gruppen in diesem Jahre auf Sonderfragen ausgerichtet ist. So werden beispielsweise die beiden fernmeldetechnischen Gruppen auf die Werkstoffe und auf die Bauelemente der Fernmeldetechnik ausgerichtet, in der Gruppe Bahnen werden die Fragen des Fernschnellverkehrs, in der Gruppe Industrielle Anwendungen die des Stromrichters in der Industrie, in der Gruppe Installation das selektive Zusammenarbeiten der Sicherungsorgane in Niederspannungsanlagen und in der Gruppe Elektrowärme Heizkörperfragen im Elektroofenbau in je vier Einzelberichten behandelt. Außerdem ist in diesem Jahre die Vortragsdauer sowie die für die Aussprachen zur Verfügung gestellte Zeit reichlich bemessen worden, um dadurch die Vorträge ausführlicher als bisher halten zu können und einer größeren Zahl von Fachgenossen Gelegenheit zu geben, sich an den Aussprachen zu beteiligen. Außerdem können wieder wie in den Vorjahren Fahnenabzüge einzelner Fachberichte zur Verfügung gestellt werden. Das Programm der Fachberichte war letzthin in der ETZ veröffentlicht, ein Programmheft mit Inhaltsübersichten wird den Teilnehmern an der Tagung gleichzeitig mit dem Teilnehmerheft zugesandt. Es ist daher zu erwarten, daß die Aussprachen ausreichend vorbereitet sind und wertvolle Beiträge zu den behandelten Fragen bringen werden.

Am Freitag, dem 2. Juni, ist nachmittags die Hauptveranstaltung der Tagung vorgesehen, bei der nach einer Begrüßung durch den Vorsitzenden des VDE, Herrn Direktor Dr.-Ing. Rißmüller, der Geschäftsführer des Verbandes, Herr Direktor Dipl.-Ing. Blendermann, einen Bericht über die Tätigkeit des VDE im vergangenen Jahre geben wird. Anschließend hält Herr Prof. Dr.-Ing. Ramsauer einen großangelegten Experimentalvortrag über „Elektronen- und Ionenströme in der Technik". — Um den Teilnehmern an der Tagung noch weitere Gelegenheit zu geben, sich zu treffen und miteinander Fühlung zu nehmen, findet am Donnerstag ein Begrüßungsabend in der Hofburg statt; für Freitag abend ist ein Empfang im Rathaus angesetzt. Der letzte Tag ist Besichtigungen und gemeinsamen Ausflügen vorbehalten. Hierfür ist eine reichhaltige Auswahl von Werken der Elektroindustrie und Elektrizitätsversorgung sowie anderer Industriezweige vorgesehen. Besonderes Interesse werden die Ausflüge

[1]) ETZ 59 (1938) S. 305.

in den Wiener Wald, nach Berndorf und Mariazell sowie nach Ternitz, Rax-Alpe, Semmering und Hochschneeberg beanspruchen, die teils als halbtägige, teils als ganztägige Ausflüge durchgeführt werden. Nicht zu vergessen ist auch die Dampferfahrt auf der Donau durch die Wachau mit Besichtigung von Melk und Dürnstein. Alle diese Ausflüge bieten den Besuchern aus dem Reich Gelegenheit, die Schönheiten der näheren und weiteren Umgebung von Wien kennenzulernen, und sicherlich werden sie viele dazu veranlassen, auch noch andere Teile der schönen Ostmark zu besuchen. — Für die Damen finden besondere Veranstaltungen statt, die dazu dienen sollen, einen näheren Einblick in die Schönheiten und Kunststätten der Stadt Wien zu geben. Sogar eine Modeschau im Haus der Mode (Lobkowitz-Palais) ist vorgesehen, bei der die neuesten Wiener Modelle vorgeführt werden.

Die Tagung wird auch in diesem Jahre wieder einen Querschnitt durch das Schaffen unserer Elektrotechnik geben und sie wird dem Willen der deutschen Elektrotechniker Ausdruck geben, an den Aufgaben der heutigen Zeit zu ihrem Teil mitzuarbeiten. Wiederum richten wir an alle mit der deutschen Elektrotechnik verbundenen Kreise die Aufforderung:

Kommt zur Tagung der Elektrotechniker am 31. Mai nach Wien.

Ausschuß für Installationsmaterial.

Der Ausschuß für Installationsmaterial hat Entwürfe zu

DIN VDE 9401 Blatt 2 „Lehren für zweipolige Stecker 6 A, 250 V",

DIN VDE 9402 Blatt 2 „Lehren für zweipolige Steckdose 10 A, 250 V",

DIN VDE 9403 Blatt 2 „Lehren für zweipolige Stecker 10 A, 250 V"

aufgestellt, die in ETZ 60 (1939) S. 628 bekanntgegeben werden.

Begründete Einsprüche sind der Geschäftstelle bis zum 1. August 1939 einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Der Geschäftsführer
Blendermann

Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus. Fernsprecher: 34 88 85.

Ausflug zur Löcknitz.

Am Sonnabend, dem 8. Juli 1939, veranstaltet der Bezirk Berlin seinen herkömmlichen Ausflug mit Angehörigen. Nähere Einzelheiten (Dampferfahrt ab Treptower Park durch Spree, Müggelsee, Dämeritzsee, Flakensee und Löcknitz, gemeinsames Abendessen, Tanz usw.) sind aus den Mitteilungen 1939, Nr. 3 des Bezirks Berlin vom 11. 5. 1939 zu ersehen.

Karten zum Preise von RM 3.— (Mitglieder) und RM 4.— (eingeführte Gäste) sind in der Geschäftstelle des Bezirkes zu haben.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im VDE-Haus, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
25. 5. 1939 Vortragsreihe „Ultrakurz- und Dezimeterwellentechnik": Bremsfeldröhren", Vortragender: Dr. W. Kleinsteuber. Beginn: 18^{00} im Hörsaal 120 der T. H.

Installationstechnik. Leiter: Dipl.-Ing. R. Schamberger VDE.
6. 6. 1939 Ausspracheabend.

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. Bockels VDE.
7. 6. 1939 „Elektrische Meßmethoden in der Bodenforschung", Vortragender: Ingenieur B. Marsch.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
8. 6. 1939 Vortragsreihe „Fernwirkanlagen in der Starkstromtechnik": „Schaltungs- und Sicherungsmethoden", Vortragender: Dipl.-Ing. H. Zeh.

Elektrizitätswerke. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. B. J. v. d. Knesebeck VDE.
9. 6. 1939 „Über die Bedeutung von Schwachstromanlagen in Kraftwerksbetrieben", Vortragender: Dipl.-Ing. B. Kretzschmar VDE.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer:
Burghoff

PERSÖNLICHES.
(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Auszeichnungen. — Aus dem Reichsberufswettkampf 1939 ist als Elektrotechniker (Wettkampfgruppe Freie Berufe, Fachschaft Elektrotechnik) Herr Dipl.-Ing. Wilhelm Hornauer jr. VDE, Finkenkrug b. Berlin, als Reichssieger hervorgegangen. Im ganzen Reich hatten sich diesmal 3,6 Mill Schaffende zum Wettkampf gestellt: 600 von ihnen wurden Reichssieger.

Herr Hornauer wurde am 26. 7. 1907 in Cannstatt b. Stuttgart geboren, hat in Berlin studiert und ist z. Z. als Bearbeiter fernmeldetechnischer Fragen bei den Askania-Werken in Berlin tätig.

Hochschulnachrichten. — Herr Dr.-Ing. Wilhelm Röhrs, der an der T. H. Berlin mit Vorlesungen über Kunststoffe beauftragt ist, wurde für die Dauer seiner Zugehörigkeit zum Lehrkörper einer deutschen wissenschaftlichen Hochschule zum Honorarprofessor ernannt und der Fakultät für Allgemeine Wissenschaften der T. H. Berlin zugewiesen.

EINGÄNGE.
[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Kleiner Kathodenstrahloszillograph. Ausführliche Bauanleitung. Von Ing. K. Nentwig. Mit 20 Abb. u. 28 S. im Format 135 × 200 mm. Verlag Deutsch-Literarisches Institut J. Schneider, Berlin 1939. Preis kart. 1,30 RM.

[Ausführliche Bauanleitung nebst Stückliste und Konstruktionsangaben für einen Netzanschluß-Oszillographen mit 800 V Anodenspannung, Thyratronkippkreis, Symmetrierungs- und Synchronisierspannungsverstärker. Die mitgeteilten Schaltungen stehen zum größten Teil unter Patentschutz.] *Plw.*

Klingelnberg, Technisches Hilfsbuch. Herausgeg. von Baurat Dipl.-Ing. E. Preger und Dipl.-Ing. R. Reindl. 9. neubearb. Aufl. von Schuchardt & Schütte's Technisches Hilfsbuch. Mit zahlr. Abb. u. Zahlentafeln und VII, 706 S. im Format B 6. Verlag Julius Springer, Berlin 1939. Preis geb. 10,50 RM.

Probleme der öffentlichen Elektrizitätsversorgung, insbesondere ihr Einfluß auf die Tarife. Von Dr. H. Salm. (Münchener Volkswirtschaftliche Studien, Neue Folge, Heft 26). Mit 4 Kurven, VII u. 98 S. im Format 165 × 240 mm. Verlag Gustav Fischer, Jena 1939. Preis geh. 4,20 RM.

Die Verbrennungskraftmaschine. Herausgeg. von Prof. Dr. H. List. Heft 1: Vorwort und Einführung. Von Prof. H. List. Die Betriebsstoffe für Verbrennungskraftmaschinen. Von Dr. A. v. Philippovich. Die Gaserzeuger. Von Dipl.-Ing. K. Schmidt. Mit zahlr. Abb., XII u. 106 S. Preis kart. 9,60 RM. — Heft 7: Gemischbildung und Verbrennung im Dieselmotor. Von Dr.-Ing. A. Pischinger unter Mitarbeit von Dr.-Ing. O. Cordier. Mit 174 Abb., VIII u. 127 S. Preis kart. 12,60 RM. Format: 195 × 270 mm. Verlag Julius Springer, Wien 1939.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. F. Lieneweg, Berlin-Siemensstadt, Quellweg 58.
Dipl.-Ing. W. Oesinghaus VDE, Berlin-Treptow, Am Treptower Park 55.
Prof. Dr.-Ing. E. Wist VDE, Wien XIII, Beckmanngasse 16.

Abschluß des Heftes: 17. Mai 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 1. Juni 1939 | Heft 22

Groß-Wien grüßt

Die diesjährige Tagung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker führt die Verbandsmitglieder in einer Stadt zusammen, deren Geschick im verflossenen Jahr durch die Tat unseres Führers Adolf Hitler eine uns heute wie ein Wunder dünkende Wendung vom Verfall zum Wiederaufstieg genommen hat.

Neues Leben durchpulst Wien, ein allgemeiner wirtschaftlicher Aufschwung erfüllt die zweitgrößte Stadt des Reiches mit wiedererwachter Schaffensfreude. Dieser allgemeine Wille zum Aufstieg hat auch die Wiener Elektrowirtschaft erfaßt und die zahlreichen Personalaufnahmen bei den Elektrofirmen zeugen davon, daß auch hier die schwere Krise der Systemzeit überwunden ist.

Schon sind stolze Erfolge sichtbar. Am Ende des Jahres konnten die Wiener städtischen Elektrizitätswerke melden, daß erstmalig seit dem Jahre 1929 die tägliche Stromerzeugung der stadteigenen Kraftwerke eine Rekordhöhe erreicht hat. Der seinerzeitige Tages-Erzeugungsrekord in der Höhe von 2 261 000 Kilowattstunden wurde nämlich mit einer Tagesleistung von 2 491 000 Kilowattstunden weit überboten.

Diese Entwicklung läßt uns die Richtigkeit nationalsozialistischer Planwirtschaft klar erkennen. Daß die Stadt Wien einer Tagung, die sich mit der Vertiefung der Erkenntnisse auf dem Gebiete der Elektrotechnik befaßt, einen ganz besonderen Willkommgruß entbietet, ist selbstverständlich. Darüber hinaus aber begrüßen wir die Verbandsmitglieder im Namen einer der schönsten deutschen Städte, die es sich zum Ziel gesetzt hat, allen, die hierher zu Besuch kommen, herzlichste Gastfreundschaft entgegenzubringen und ihnen unvergeßliche Stunden schönen Erlebens zu vermitteln.

Dr. Ing. Hermann Neubacher
Bürgermeister
der Stadt Wien.

Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit.

Bericht des Verbandes Deutscher Elektrotechniker anläßlich der 41. Mitgliederversammlung in Wien

unter Mitarbeit von

J. Begrich / A. Bürklin / O. Clemens / H. Fischer / W. Fischer / M. Howald / E. Hueter
J. Th. Jansen / W. Kaufmann / H. Klewe / O. H. Knoll / C. Körfer / A. Krämer / R. Küchler
E. Lübcke / G. Lucas / G. Meiners / H. Meyer-Delius / H. Ostermann / A. Palm / F. Punga
A. Rachel / H. Reckenthäler / F. Ring / K. Rißmüller / G. Scharowsky / M. Schenkel / R. Schimpf
I. Sihler / W. Stäblein / R. Tröger / R. Truschka / R. Vieweg / W. Vogel / M. Walter

Die Elektroindustrie.

DK 621.312

Die Elektroindustrie Großdeutschlands beschäftigt gegenwärtig 470 000 Personen, wovon auf die Werke des Altreiches etwa 436 500 entfallen. Damit ist in der Beschäftigung der deutschen Elektroindustrie ein neuer Rekordstand erreicht worden. Seit der Machtübernahme haben 250 000 Menschen mehr in der elektrotechnischen Erzeugung einen Arbeitsplatz gefunden. Dieser außerordentliche Zuwachs an Ingenieuren und Facharbeitern, an Kaufleuten und weiblichen Arbeitskräften verdeutlicht mehr als alle Angaben über Umsatz oder technische Fortschritte die wirtschaftliche Kräftigung der deutschen Elektrotechnik. Im Jahre 1938/39 hatte die elektrotechnische Industrie wiederum neuartige und bedeutsame Aufgaben zu lösen. Neben dem Ausbau der Entwicklungsarbeiten, der Werkstoffumstellung oder der Verbesserung der Erzeugungsverfahren galt es vor allem, die Elektrofirmen der Ostmark und des Sudetengaues einzugliedern, das Auslandsgeschäft zu verbessern und in allen anderen Gebieten nach einer Leistungssteigerung zu streben.

Ostmark und Sudetengau.

Mit der Wiedereingliederung der Ostmark in das Deutsche Reich sind rd. 220 elektrotechnische Erzeugungsfirmen mit damals etwa 14 000 Beschäftigten zu der Altreichsindustrie hinzugekommen. In der Erzeugung dieses Firmenkreises überwiegen die elektrischen Maschinen, Kabel und Drähte, Rundfunkgeräte sowie die mannigfachen Installationsmaterialien. Abgesehen von hochwertigen Sonderartikeln hatte die Ostmark-Elektroindustrie den Elektrobedarf des früheren Österreich allein gedeckt und darüber hinaus noch eine Ausfuhr von jährlich mehr als 20 Mill RM unterhalten. Bis zu der nunmehr allmählich restlos erfolgenden Eingliederung der ostmärkischen Erzeugungsstätten in die großdeutschen Produktions- und Absatzaufgaben waren mitunter nicht unerhebliche Hemmnisse zu überwinden. Diese bestanden zunächst darin, daß die meisten Elektrofirmen der Ostmark erheblich höhere Gestehungskosten hatten als die vergleichbaren Werke im Altreich. Dieser Mehraufwand erklärt sich zu einem guten Teil aus den früher höheren Werkstoffkosten, was insbesondere für Eisen und Stahl, Kupfer und elektrische Energie zutrifft, sodann aber auch die technischen Artikel aus Kunstharzpreßstoffen berührte. Durch die verhältnismäßige Begrenztheit des früheren österreichischen Elektromarktes waren die Erzeugungsprogramme der einzelnen Firmen zwangsläufig zu mannigfaltig. Zahlreiche Unternehmungen stellten in kleinen Stückzahlen die verschiedensten Maschinen und Geräte für die Erzeugung oder Anwendung des elektrischen Stromes her. Dadurch waren naturgemäß die einzelnen Erzeugnisse mit wesentlich höheren allgemeinen Unkosten, insbesondere Entwicklungskosten, belastet. Das mannigfache Erzeugungsprogramm bedingte außerdem eine unzureichende Ausnutzung der Arbeitsmaschinen und Werkzeuge sowie einen oftmals wechselnden Einsatz der Arbeitskräfte. Neben einer Senkung der Rohstoffpreise kam es daher vor allem darauf an, die Erzeugungsprogramme der meisten ostmärkischen Betriebe zu spezialisieren. Unter Würdigung der bislang geleisteten eigenen technischen Entwicklungsarbeit, der Marktreife der Erzeugnisse, der Gestehungskosten und der Bedarfsanforderungen mußten die elektrotechnischen Erzeugnisse ausgewählt werden, die auch künftig unbeschadet des Wettbewerbs der Altreichsindustrie einen Betriebsertrag versprachen. Nicht zuletzt aber mußte der Maschinenpark eine gründliche Erneuerung erfahren. Die zur Zeit des Anschlusses in den meisten elektrotechnischen Werkstätten der Ostmark investierten Maschinen und Werkzeuge erlaubten trotz eifrigster Bemühungen der Betriebsführer und Gefolgschaftsmitglieder keinen erfolgreichen Wettbewerb mit der maschinell neuzeitlich ausgestatteten Altreichsindustrie.

Daß diese umfassenden und in das Gefüge jedes Betriebes greifenden Umstellungsmaßnahmen nicht in wenigen Monaten erfüllt werden konnten, war offensichtlich Es war daher nach Kenntnis der am 1. Oktober 1938 erfolgten Aufhebung der Zollinie zwischen Altreich und Ostmark eine verantwortungsvolle Aufgabe der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie, wirksame Maßnahmen zu ergreifen, um einerseits den notwendigen Umstellungsprozeß zu beschleunigen, anderseits aber für die Zeit dieser Umstellung den Wettbewerb des Altreiches fernzuhalten. Dem letzteren Ziele diente die Erstellung von Gebietsschutzmaßnahmen. Unter Führung der Wirtschaftsgruppe Elek-

troindustrie wurde für zahlreiche Erzeugnisse der ostmärkischen Produktion entweder eine Lieferung seitens der Altreichsfirmen völlig unterbunden oder aber mengenmäßig und hinsichtlich der Preisstellung beschränkt. Die vertrauensvolle, kameradschaftliche Zusammenarbeit zwischen den Betriebsführern des Altreichs und der Ostmark fand alsdann ihren Niederschlag in einer Anordnung des Leiters der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie vom 28. September 1938 betreffend Schutzmaßnahmen für die Ostmark. Diese Schutzmaßnahmen waren wohl in erster Linie den Bedürfnissen der ostmärkischen Industrie angepaßt, gleichzeitig aber auch auf die Sicherstellung einer ausreichenden Versorgung des ostmärkischen Elektrobedarfes abgestellt. Dank einer solchen Berücksichtigung der sich von Erzeugungsgruppe zu Erzeugungsgruppe wandelnden Verhältnisse war der Gebietsschutz voll wirksam. Am 1. April 1939 konnten die meisten Schutzmaßnahmen außer Kraft gesetzt werden, deren unbedingte Einhaltung durch Industrie und Handel des Altreichs ein Zeugnis für die Selbstdisziplin der Firmen im Rahmen der gewerblichen Wirtschaftsorganisation ablegt.

Auch hinsichtlich einer schnellen Belieferung der Ostmarkfirmen mit Maschinen und Werkzeugen konnte in Gemeinschaft mit dem Maschinenbau manche Investition erleichtert werden, was im übrigen auch für die Kreditgewährung zutrifft. Durch die Vermittlung der Wirtschaftsgruppe haben ferner zahlreiche ostmärkische und Altreichsfirmen einen Austausch und Ergänzung ihrer Erzeugungsprogramme vorgenommen. Dank dieser Maßnahmen und der allgemein kräftigen Wirtschaftsbelebung in der Ostmark haben sich die betriebswirtschaftlichen Verhältnisse bei den ostmärkischen Elektrofirmen im ersten Jahr nach dem Anschluß wesentlich gebessert. Gegenüber damals etwa 14 000 sind heute mehr als 30 000 Arbeiter und Angestellte in den ostmärkischen Elektrobetrieben beschäftigt. Der Jahresumsatz ist von 100 auf rd. 200 Mill RM angestiegen. Die Ausfuhrlieferungen konnten nahezu auf allen Märkten aufrechterhalten werden.

Bei der Rückkehr der sudetendeutschen Gebiete in das Reich bestanden vielfach andersartige Hemmnisse. Handelte es sich bei der Ostmark um ein geschlossenes Wirtschaftsgebiet, so verloren die sudetendeutschen Gebiete trotz der Zollfreiheit für Lieferungen nach der ehemaligen Č.S.R. mehr als zwei Drittel ihres Absatzes. Im eigenen Verkaufsgebiet ließen die jahreszeitlichen Einflüsse eine nennenswerte Wirtschaftsbelebung für elektrotechnische Investitionen noch nicht zu, und nach dem Altreich konnten die meisten sudetendeutschen Hersteller infolge des andersartigen technischen Vorschriftenwesens des Altreichs kaum liefern. Aufbauend auf vorwiegend überraschend guten Maschineneinrichtungen kam es daher für die sudetendeutschen Werke darauf an, sich in ihren Konstruktionen schnell den technischen Vorschriften und Bedarfsanforderungen anzupassen, um für sich den großdeutschen Markt zu erschließen. Auch hier konnten diese Umstellungsfälle für manche Betriebe durch Rationalisierungsabkommen mit Altreichsfirmen erleichtert werden. Ein ebenfalls für das Sudetengebiet errichteter Gebietsschutz hat für Installationsmaterial, Apparate, Kabel und Drähte, Beleuchtungskörper und einige andere, vorwiegend erzeugte Artikel ebenfalls eine Überflutung mit Altreichswaren verhindert. Die sudetendeutsche Elektroindustrie zählt gegenwärtig 74 Firmen mit 6000 Beschäftigten. Im Zuge der nunmehr stärker fortschreitenden Wirtschaftsbelebung des Sudetengaues ist eine Ausnutzung der Kapazität dieser Werke und eine Verdoppelung der Beschäftigtenzahl zu erwarten.

Mit der Errichtung des Reichsprotektorats Böhmen und Mähren werden ebenfalls leistungsfähige elektrotechnische Unternehmungen mit etwa 20 000 Beschäftigten in den großdeutschen Wirtschaftsraum einbezogen, wobei die Fabriken vorwiegend um Prag und Brünn liegen.

Leistungssteigerung.

Bei dem hohen Stand der Elektrisierung Deutschlands ist die Elektroindustrie mehr und mehr mit allen Wirtschaftsgebieten verflochten. Die großen nationalwirtschaftlichen Aufgaben stellten daher auch an die Elektroindustrie jeweils starke Anforderungen. Der erste Abschnitt, nämlich die Ausrüstung der Vierjahresplanbetriebe mit elektrotechnischen Einrichtungen, ist schon vor einigen Jahren in Angriff genommen worden und wird weiter ausgebaut. Zusätzliche Aufgaben entstanden durch die zur Sicherung der Getreidevorräte erforderlichen Silobauten, durch die Versorgung der Landwirtschaft mit preiswerten Elektrogeräten zur Einsparung menschlicher Arbeitskräfte, durch die Verbesserung des betrieblichen Rechnungswesens oder durch die Notwendigkeit einer Erhöhung der installierten Leistung der Kraftwerke. Diese außerordentlich bedeutsamen Aufgaben können vielfach nicht in der bisherigen Form der Auftragsvergebung gelöst werden. Mit der praktisch restlosen Ausnutzung der Kapazität der elektrotechnischen Industrie, mit dem immer empfindsamer werdenden Mangel an Arbeitskräften jeder Art und der Verkürzung der Fristen zur Lösung dringlicher nationalwirtschaftlicher Erzeugungsaufgaben wurde immer mehr offensichtlich, daß nur eine echte industrielle Gemeinschaftsarbeit in Form einer vernünftigen Aufteilung der Fertigung zwischen den einschlägigen Firmen die notwendige Leistungssteigerung bringen konnte. Im Rahmen der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie wurden deswegen vielfach Arbeitsgemeinschaften für solche Sonderaufgaben ins Leben gerufen. In anderen Fällen steht ihre Errichtung noch bevor. Unter der neutralen Leitung der Wirtschaftsgruppe und ohne Antastung der eigenen Verantwortung jedes Betriebsführers wird es so möglich sein, ohne Verordnung oder staatliche Anweisung für jeden Einzelfall die dringenden nationalwirtschaftlichen Erzeugungsaufgaben auf dem Gebiet der Elektrotechnik zu bewältigen.

Neben solchen Sonderaufträgen hat die Elektroindustrie ihre Leistung vor allem durch eine Verbesserung des Arbeitseinsatzes und durch umfassende Normung und Typisierung gesteigert. Die Elektroindustrie, infolge ihrer hohen Arbeitsintensität schon immer auf die Schulung eines guten Stammes an Facharbeitern bedacht, hat die Einstellung von Lehrlingen beträchtlich erweitert und die Form der Ausbildung verbessert. In der Fertigung selbst war es durch eine Anpassung der Fertigungsverfahren an die vorhandenen Arbeitskräfte vielfach möglich, den Facharbeiter von allem zu entlasten, was nicht die Fähigkeit eines Facharbeiters erfordert, und durch einen vermehrten Einsatz von Spezialarbeitern und weiblichen Arbeitskräften die Erzeugung nochmals zu steigern. Die Zunahme der elektrotechnischen Produktion von 2,5 auf 2,9 Mrd RM allein im Altreich während des letzten Jahres spricht ebenso wie die nochmalige Beschäftigungssteigerung um 50 000 Menschen dafür, daß die Betriebsführer und Gefolgschaftsmitglieder der elektrotechnischen Firmen den Ruf zur Leistungssteigerung an jedem Arbeitsplatz schon zu einem ansehnlichen Teil erfüllt haben.

Die in der Organisation der Elektroindustrie schon seit 1920 betriebenen Arbeiten auf dem Gebiet der Typisierung und Normung wurden fortgesetzt und durch einzelne Sonderaufgaben, wie z. B. in der Rundfunkindustrie, erweitert.

Behauptung am Weltmarkt.

Die schrumpfenden Umsätze am Weltmarkt haben die Elektroindustrie während des Jahres 1938 noch nicht berührt. Mit 336 Mill RM war ihre Ausfuhr sogar um 5 % größer als im Vorjahr. Einschließlich der Ostmark und des Sudetengaues exportierte die deutsche Elektroindustrie elektrische Maschinen und Geräte im Werte von 356 Mill RM. Mit einem Anteil von 28 % steht Deutschland nach wie vor an der Spitze des Weltelektromarktes, während die V. S. Amerika mit 23 % und England mit

21 % erst die nächsten Plätze einnehmen. Die in vielen Absatzgebieten nachlassenden Investitionen sowie die Abschwächung der allgemeinen Konjunktur haben während der letzten Monate allerdings auch den Auftragseingang der deutschen Elektroindustrie etwas beeinträchtigt. Dank der Maßnahmen zur Sicherstellung von Werkstoffen und Arbeitskräften für Auslandsaufträge und den Anstrengungen der Exportkaufleute der Elektroindustrie darf aber erwartet werden, daß in diesem Jahr die Ausfuhrwerte von 1938 im großen und ganzen unangetastet bleiben.

Innerhalb der einzelnen Absatzgebiete sind einige Verschiebungen eingetreten. Das gilt weniger für die noch immer festzustellende leichte Verlagerung von Europa nach Übersee als vielmehr für die Wandlungen in Europa selbst. Während die westeuropäischen Staaten mit Ausnahme der Niederlande infolge ihrer allgemein schwächeren Wirtschaftslage weniger Elektroerzeugnisse in Deutschland kaufen als früher, sind die deutschen Exporte nach Skandinavien, den osteuropäischen Ländern und insbesondere nach den Staaten des Südostraums stark angestiegen. Die enge Wirtschaftsverflechtung der südosteuropäischen Agrarstaaten mit der Industriemacht Deutschland hat dazu geführt, daß die deutschen Elektrolieferungen nach dieser Staatengruppe mit 51 Mill RM im Jahre 1938 viermal so groß waren als 1934. Gut zwei Drittel des gesamten Elektroeinfuhrbedarfs der Balkanstaaten werden von den deutschen elektrotechnischen Ausfuhrbetrieben gedeckt. Aber auch in Übersee haben sich Britisch-Indien, Niederländisch-Indien, die Südafrikanische Union sowie vor allem Argentinien und andere südamerikanische Staaten erneut als aufnahmefähige Absatzgebiete erwiesen. Ein Vergleich mit dem Elektrisierungsstand, mit dem Stromverbrauch je Kopf der Bevölkerung oder dem Ausbau des Fernmeldewesens mit den Verhältnissen in Westeuropa zeigt, daß auch künftig für den Geschäftsverkehr mit diesen Gebieten bemerkenswerte Ausfuhraussichten bestehen.

Elektrizitätswirtschaft.

DK 621.311.1.003

Das Jahr 1938 hat durch die Angliederung der Ostmark und des Sudetenlandes auch vom energiewirtschaftlichen Gesichtspunkt aus sein ganz besonderes Gepräge erhalten[1]). Die Auswirkung dieser beiden Ereignisse auf die großdeutsche Elektrizitätswirtschaft wird sich in vollem Umfange erst in der Zukunft bemerkbar machen, dann aber wird die außerordentliche Bedeutung, die sie sowohl von der Erzeugungs- als von der Verbrauchsseite aus gesehen haben, in einem von Jahr zu Jahr gesteigerten Maße in Erscheinung treten. Man denke nur an die reichen Wasserkräfte der Ostmark und die Braunkohlenschätze des Sudetenlandes, anderseits an den verhältnismäßig geringen Grad der Elektrizitätsverwendung in manchen Teilen der neu angeschlossenen Gebiete.

Nachstehend soll vor allem die Elektrizitätswirtschaft des Altreichs im vergangenen Jahr unter Vergleich mit der der Vorjahre berücksichtigt werden.

Erzeugung und Verbrauch.

Genaue Ergebnisse umfassender statistischer Erhebungen für das Jahr 1938 liegen naturgemäß zur Zeit noch nicht vor. Man kann aber durch Rückschlüsse aus Teilerhebungen dieses Jahres und aus Erhebungen der Vorjahre zu genügend sicheren Schätzungen gelangen.

Die Statistik der öffentlichen Versorgung des Jahres 1937[2]) weist für alle Unternehmen mit einer Stromabgabe von mehr als 500 000 kWh im Jahr eine Erzeugung von 28,6 Mrd kWh bei einer Leistungsfähigkeit der Kraftwerke von 8,47 Mill kW auf. Gegenüber dem Vorjahr ist somit eine Steigerung von 17 % in der Erzeugung und 0,8 % in der Leistungsfähigkeit eingetreten. Daraus ergibt sich eine Benutzungsdauer der Leistungsfähigkeit von 3370 h. Bezogen auf die tatsächlich erreichte Höchstleistung betrug die Benutzungsdauer ungefähr 5000 h. Das sind Zahlen, die nahe an die Grenze des Möglichen herankommen und nicht nur von einer weitgehenden Durchführung des Verbundbetriebes, sondern auch von der äußerst angespannten Ausnutzung aller Kraftwerksanlagen zeugen.

Den größten Anteil an der Erzeugung hatten mit 47,7 % (d. h. mit 13,6 Mrd kWh) die Braunkohlenkraftwerke. Da sich die Braunkohle mit ungefähr dem gleichen Prozentsatz schon seit fünf Jahren behauptet, wird man keinen Trugschluß begehen, wenn man ihn in annähernd gleicher Höhe auch für 1938 voraussetzt. Auch der Anteil des Steinkohlenstromes an der Gesamterzeugung (32,3 %) ist im Jahre 1937 nicht wesentlich von dem des Vorjahres (30,9 %) verschieden. Die absolute Höhe der Erzeugung aus Steinkohle betrug 9,3 Mrd kWh gegen 7,6 Mrd kWh im Jahr 1936. Die Steigerung der Wasserkrafterzeugung hat mit der Steigerung der Gesamterzeugung nicht gleichen Schritt halten können. Sie ist nur von 5,3 auf 5,6 Mrd kWh gestiegen, so daß anteilmäßig ein Rückgang von 21,8 % auf 19,3 % festzustellen ist.

Die Eigenanlagen hatten 1937 nach den Ermittlungen des Statistischen Reichsamtes eine Erzeugung von 21,6 Mrd kWh bei einer Nennleistung der Generatoren von 6,8 Mill kW und einer Benutzungsdauer von 3180 h. Diese Zahlen beziehen sich aber nicht nur auf die reinen Eigenanlagen, sondern auch auf die Versorgungsunternehmen im Nebenbetrieb, d. h. Industriewerke, die nur einen Teil der erzeugten Energie an andere abgeben, sie im übrigen aber im eigenen Betrieb verbrauchen, deren Erzeugung, soweit sie für die Abgabe an andere diente, in den obengenannten Zahlen der öffentlichen Versorgung mitenthalten ist. Zu beachten ist ferner, daß die Summe der Generatorenleistung nicht der Gesamtleistungsfähigkeit der Anlagen entspricht, sondern nicht unerheblich kleiner ist, weil vielfach die Kesselanlage nicht ausreicht, um alle Dampfturbinen zu gleicher Zeit zu beliefern, und bei Wasserkraftanlagen der gleichzeitige Betrieb aller Wasserturbinen so viel Wasser schluckt, daß die Gefälls- und Zuflußverhältnisse verändert werden und damit die Leistung gegenüber dem Einzelbetrieb sinkt. Infolgedessen ist die auf die Leistungsfähigkeit bezogene Benutzungsdauer größer als die auf die Nennleistung bezogene.

Aus der Monatsstatistik der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung für das Jahr 1938, die etwa 85 % der Gesamterzeugung der Elektrizitätsversorgung erfaßt, geht hervor, daß für dieses Jahr gegenüber 1937 mit einer Steigerung der Erzeugung von etwa 10 bis 11 % gerechnet werden kann. Die Erzeugung der öffentlichen Versorgung wird somit voraussichtlich auf nahezu 32 Mrd kWh gestiegen sein. Die Leistungsfähigkeit dürfte sich um etwa 3 % auf rd. 8,7 Mill kW und die Benutzungsdauer auf

[1]) B. Thierbach, ETZ 59 (1938) S. 893. G. W. Meyer, ETZ 59 (1938) S. 1165.
[2]) Elektrizitätswirtsch. 37 (1938) S. 943, ETZ 59 (1938) S. 354, 60 (1939) H. 3, S. 83. ETZ 59 (1938) S. 127, S. 625, S. 729, S. 1101, S. 1279, S. 1335. ETZ 60 (1939) H. 3, S. 83, H. 15, S. 459.

etwa 3450 h erhöht haben. Der Anteil der Wasserkrafterzeugung an der Gesamterzeugung wird schätzungsweise von 19,5 auf etwa 17 % zurückgegangen sein. Bei ungefähr gleicher Erzeugungssteigerung der Eigenanlagen hätte die Gesamterzeugung des Altreichs eine Höhe von 56 Mrd kWh erreicht.

Was die Ostmark betrifft, so ist bei ihr im Jahr 1937 gegen 1936 ein Anwachsen der Erzeugung für die öffentliche Versorgung von 1,6 auf 1,8 Mrd kWh, also um 12 %, und der Leistungsfähigkeit von 659 000 auf 667 000 kW, also um 1 %, festzustellen. Die Benutzungsdauer der Leistungsfähigkeit war 1937 somit 2680 h. Die besonderen Verhältnisse der Ostmark[3]) zeigen sich in dem hohen Anteil der Wasserkrafterzeugung, der unter Einschluß des Städtischen Elektrizitätswerkes Wien 91 % und ohne Wien sogar 97 % betrug. Daß die Leistungsfähigkeit der ostmärkischen Wasserkraftanlagen mit 481 000 kW im Jahr 1937 erheblich erhöht werden kann und in den nächsten Jahren erhöht werden wird, kann als bekannt vorausgesetzt werden. Zunächst freilich werden neue Dampfkraftanlagen, die schneller als Wasserkraftwerke zu erstellen sind, zur Deckung der starken Bedarfssteigerung eingreifen müssen. Der Anschluß Österreichs an das Altreich hat sich in der ostmärkischen Elektrizitätswirtschaft noch nicht voll auswirken können. Rückschlüsse lassen sich aus den Ergebnissen von Teilerhebungen ziehen, aus denen hervorgeht, daß im ersten Vierteljahr 1938 gegenüber dem gleichen Zeitraum 1937 eine Zunahme von 4,8 %, im letzten Vierteljahr dagegen um 9,8 % eingetreten ist. Die Gesamterzeugung 1938 einschließlich der der Eigenanlagen wird auf 3,3 Mrd kWh gegen 3,0 Mrd kWh im Vorjahr geschätzt.

Eine Übersicht über die Elektrizitätswirtschaft des Sudetenlandes zu geben ist schwierig, da Unterlagen für die Entwicklung in den letzten Jahren fehlen und die Lage durch die Verflechtung mit den abgetrennten Gebieten, dem Protektorat Böhmen-Mähren und der Slowakei, undurchsichtig wird. Man kann schätzen, daß die sudetendeutschen Elektrizitätswerke dem Deutschen Reich einen Zuwachs an Erzeugung von 1 bis 1½ Mrd kWh brachten, während die übrigen Länder der ehemaligen Tschecho-Slowakei eine Erzeugungsziffer von etwa 2½ bis 3 Mrd kWh hatten.

Der Außenverkehr des Deutschen Reiches (Altreich) mit elektrischer Energie hat sich durch den Anschluß Österreichs grundlegend geändert. Für 1935 bis 1937 geben nachstehende Zahlen Auskunft.

	1935	1936	1937
		Mill kWh	
Einfuhr	1 100	1 210	1 231
davon aus Österreich	371	356	422
Ausfuhr	97	92	102
davon nach Österreich	6	6	9

Für 1938 wird man danach die Einfuhr auf 800 bis 900 Mill kWh, die Ausfuhr auf 80 bis 90 Mill kWh veranschlagen können. Die deutsch-schweizerischen Grenzkraftwerke lieferten 1936 als deutschen Anteil 585 Mill kWh und im darauf folgenden Jahr 608 Mill kWh. Im Jahr 1938 dürfte er etwa 620 bis 630 Mill kWh betragen.

Die im Altreich von den Versorgungsunternehmen unmittelbar an den letzten Verbraucher abgegebene elektrische Arbeit ist von 21,8 im Jahr 1936 auf 25,7 Mrd kWh im Jahr 1937 gestiegen. Davon übernahmen die Großverbraucher 77 %. Die Steigerung ihres Stromverbrauchs betrug 22 % gegen 10 % bei den städtischen Kleinverbrauchern. Es kann erwartet werden, daß 1938 der Anteil der Industrie auf etwa 80 % gestiegen sein wird.

Während im Krisenjahr 1932, wie Abb. 1 zeigt, der Absatz der Elektrizitätsversorgungsunternehmen des Altreiches an industriellem Elektrowärmestrom etwa 1,2 Mrd kWh betrug, belief er sich Ende 1937 auf etwa 8 Mrd kWh und kann für Ende 1938 auf etwa 8,4 Mrd kWh geschätzt werden. Das bedeutet aber gegenüber 1932 eine Steigerung auf das 7fache. Etwa 35 % der für 1938 geschätzten Industriestromabgabe wurden für Wärmezwecke einschließlich Schmelzelektrolyse verbraucht. Es besteht berechtigte Veranlassung zu der Annahme, daß bei Einbezug der Eigenversorgungsanlagen die Steigerung des Wärmestromabsatzes und seines prozentualen Anteils am gesamten Industriestromverbrauch noch größer ist. Im Gewerbe waren im Jahr 1937 gute Fortschritte in Neuanschlüssen von Großküchen, insbesondere für Kasinobetriebe, zu beobachten. Im Anschluß gewerblicher Backöfen machte sich eine gewisse Zurückhaltung bemerkbar. Hier hat sich der Anteil tagstrombeheizter Geräte neuerlich vergrößert. In der Landwirtschaft zeigte sich 1937, im Zusammenhang mit der fortschreitenden Verknappung landwirtschaftlicher Arbeitskräfte und mit der Einschränkung des Brennholzverbrauches, erhöhtes Interesse für Futterdämpfer sowie verstärkte Nachfrage nach Brotbacköfen. Der Zuwachs an hochelektrisierten Siedlungen war auch in diesem Jahr wieder bedeutend, er betrug 32 %. Der Zuwachs an Haushaltherden war auch weiterhin erheblich. Der Hauptteil entfiel auf Vollherde. Die Zahl der elektrischen Kühlschränke für Haushaltungen vermehrte sich im gleichen Jahr um 50 000 auf 150 000 Stück und dürfte 1938 auf nicht viel unter 250 000 Stück gestiegen sein. Von Heißwasserspeichern wurden vor allem die Kleinspeicher mit weniger als 10 l Speicherinhalt bevorzugt.

Abb. 1. Anteil der industriellen Elektrowärme an der öffentlichen Stromversorgung.

Auf dem Gebiet des Tarifwesens ist im Jahre 1938 ein bedeutsamer Vorgang, der Erlaß einer Tarifordnung[4]) für elektrische Energie durch den Reichskommissar für die Preisbildung, zu vermerken. Zweck dieser Tarifordnung ist eine Vereinheitlichung der Tarifgestaltung in Richtung einer dem Abnehmer und dem Versorgungsunternehmen dienlichen Tarifform sowie die Gewährleistung richtig errechneter Strompreise. Einheitsform der allgemeinen Tarife ist nach dieser Tarifordnung der Grundpreistarif mit Grundpreisen und Arbeitspreisen. Jeder Abnehmer hat die Wahl zwischen einem Tarif, dessen Arbeitspreis 8 Rpf/kWh, und einem zweiten, dessen Arbeitspreis 15 Rpf/kWh nicht überschreiten darf. Die Festsetzung der Höhe der Grundpreise dieser beiden Tarife ist den Versorgungsunternehmen überlassen, unterliegt aber der Nachprüfung durch den Reichskommissar für die Preisbildung. Als Bezugsgrößen für die Bildung des Grundpreises dürfen verwendet werden:

[3]) ETZ 59 (1938) S. 347.

[4]) ETZ 59 (1938) S. 840, 951.

1. Für Haushaltungen die Raumzahl.
2. Für gewerblichen oder beruflichen Bedarf der Anschlußwert der Anlage, die beanspruchte oder bestellte und begrenzte Leistung oder die Raumgröße.
3. Für landwirtschaftlichen Bedarf die unter 1 und 2. genannten Bezugsgrößen. Für den Gesamtbedarf landwirtschaftlicher Betriebe kann als Bezugsgröße die landwirtschaftlich genutzte Fläche in ha-Einheiten an Stelle der unter 1. und 2. genannten gewählt werden.

Für Kleinstabnehmer muß ein weiterer Tarif mit einem höheren Arbeitspreis und einem niedrigeren Grundpreis angeboten werden. Für Verwendungszwecke, die von den Versorgungsunternehmen bestimmt werden, haben diese innerhalb der von ihnen festzulegenden Tageszeiten elektrische Arbeit zu einem Arbeitspreis von höchstens 4 Rpf/kWh anzubieten. Pauschtarife sind für einzelne Verbrauchseinrichtungen zulässig.

Die Elektrizitätsversorgungsunternehmen haben die Umstellung ihrer Tarife entsprechend der vorher skizzierten Tarifordnung zunächst nur für landwirtschaftliche Abnehmer vorzunehmen, und zwar nur diejenigen Elektrizitätsversorgungsunternehmen, die im Kalenderjahr 1936 mehr als 300 000 kWh Gesamtstromabgabe gehabt hatten. Jedoch sind die für die Umstellung der bisher gültigen Tarife erforderlichen Vorarbeiten allgemein schon in Angriff zu nehmen.

Mit dieser Anordnung ist einer schon seit Jahren von der Elektrizitätsversorgung selbst verfochtenen Anschauung Rechnung getragen. Dem Gedanken, den Grundpreistarif an Stelle des in vielfachen Formen verwandten Zählertarifes und sonstiger Tarifarten zu verwenden, und damit einem starken Tarifwirrwarr ein Ende zu bereiten, ist bereits 1926 in den sogenannten „Münchener Richtlinien“ der damaligen Vereinigung der Elektrizitätswerke Ausdruck gegeben worden. Seitdem ist seitens der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung diese Frage immer wieder untersucht worden und den Versorgungsunternehmen durch eingehende Darlegungen nahegebracht worden. Der Erfolg zeigte sich in einer von Jahr zu Jahr zunehmenden Anwendung des Grundpreistarifes und der von der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung vorgeschlagenen, jetzt von der Tarifordnung vorgeschriebenen, Bezugsgrößen. Durch die Einführung dieser verbrauchsfördernden Tarife ist die immer weiter sich ausbreitende Benutzung von elektrischen Herden, Heißwasserspeichern, Kühlschränken, Futterdämpfern usw. ermöglicht. Für den Abnehmer ergeben sich bei guter Ausnutzung seiner Anlagen niedrigere Strompreise, während das Versorgungsunternehmen durch einen höheren Verbrauch elektrischer Energie entschädigt wird. Es ist daher zu erwarten, daß die Tarifordnung in einem für Abnehmer und Versorgungsunternehmen gleich günstigem Sinne sich auswirken wird.

Eine von der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung bei 232 Versorgungsunternehmen mit fast 10 Mill versorgten Haushaltungen durchgeführte Untersuchung über Strompreise für den Haushaltverbrauch gibt den Beweis für ein stetiges Absinken der Durchschnittspreise. Bei Haushaltungen, die nur für Licht und Kleingeräte elektrische Energie verbrauchten, wurde eine Preissenkung von etwa 18 % in der Zeit von Ende 1928 bis Ende 1937 festgestellt, von 40 % bei den Haushaltungen, die außerdem noch einen elektrischen Herd benutzten, und von 45 % bei vollelektrifizierten Haushaltungen (mit Herd, Heißwasserspeicher und Kühlschrank).

Für Großabnehmer sind Grundpreistarife schon seit langer Zeit bei fast allen Elektrizitätsversorgungsunternehmen eingeführt und haben sich dort durchaus bewährt.

Änderungen im Aufbau der Elektrizitätsversorgung.

Auch im Jahr 1938 haben die Verschmelzung von Elektrizitätsversorgungsunternehmen und die Gebietsbereinigung Fortschritte gemacht. So gingen das Gas- und Elektrizitätswerk Singen a. H. und die Städtischen Lichtwerke Gernrode (Harz), bisher Betriebe der Gesellschaft für elektrische Unternehmungen, Berlin, in die Hände der Deutschen Continental-Gas-Gesellschaft, Dessau, über. Die Geschäftsanteile der Jagst-Kocherwerke und der Elektrizitätswerk Siglingen G. m. b. H. wurden von der Kraftanlagen AG. Heidelberg an den Gemeindeverband Überlandwerk Hohenlohe-Öhringen abgetreten. Die Elektrizitätswerk Südwest AG. in Berlin-Wilmersdorf wurde von der Berliner Kraft- und Licht (Bewag-) AG. übernommen. Die Bewag übernahm ferner noch die Versorgung der bisher vom Märkischen Elektrizitätswerk belieferten Teile der Stadt Berlin. Die Sächsische Elektrizitäts-Lieferungs-Gesellschaft in Siegmar, deren Aktien bereits zu 100 % der Aktiengesellschaft Sächsische Werke, Dresden, gehörten, ist von dieser Gesellschaft in Besitz genommen. Von dem Badenwerk wurden Gebietsteile der Kraftwerk Rheinau AG., ferner die Elektra Markgräflerland G. m. b. H., der Strombezugsverband Waldshut, Bonndorf, St. Blasien und einige andere Unternehmen, die bisher selbständig waren, übernommen, von der Schleswig-Holsteinischen Stromversorgungs-AG. in Rendsburg die Überlandzentrale Kreis Pinneberg, die Lauenburgischen Kreiskraftwerke, Ratzeburg, die Überlandleitung des Kreises Stormarn, Wandsbek und andere. Die Stadt Essen wurde bis jetzt zum größten Teil vom RWE versorgt, nur die Versorgung des Teiles Altenessen lag in den Händen der Stadt selbst. Nunmehr wird auch Altenessen vom RWE beliefert. In großer Anzahl haben kleine Gemeindewerke, Genossenschaften und dergleichen insbesondere in Pommern, Brandenburg und Schlesien ihre Selbständigkeit aufgegeben. Eine erhebliche Einflußerweiterung hatten die Elektrowerke zu verzeichnen, welche die Mitteldeutsches Kraftwerk Magdeburg AG. (Mikramag) in Pacht und Betrieb nahmen und mittelund unmittelbar in der Ostmark und im Sudetenland tätig wurden. Zur Durchführung der großen elektrizitätswirtschaftlichen Aufgaben der Ostmark wurden die Alpenelektrowerke mit dem Sitz in Wien gegründet. Schließlich sei noch erwähnt, daß die Schuckert-Betriebe AG., München, aufgelöst und von ihrem Stammhaus, der Elektrizitäts-AG. vorm. Schuckert & Co. in Nürnberg übernommen worden sind. Neugegründet wurde die Oberschlesische Sammelschienen G. m. b. H. in Gleiwitz, die sich mit Errichtung und Betrieb von Hochspannungsleitungen zwischen den Kraftwerken der beiden Gesellschafter, der Schlesischen Elektrizitäts- und Gas-Actien-Gesellschaft, Gleiwitz, und der Gräfl. Schaffgotsch'schen Werke G. m. b. H., Gleiwitz, befaßt.

Organisation.

Für die Energiewirtschaft ist Ende 1938 ein Generalbevollmächtigter in der Person von Oberbürgermeister Dillgardt, Essen, ernannt worden. Seine Aufgabe ist insbesondere, die Steigerung der Erzeugung und die Vereinheitlichung der Verteilung durchzuführen. Mit dieser Ernennung kommt die überragende Bedeutung der Elektrizitätsversorgung bei der Durchführung der gestellten Aufgaben sichtbar zum Ausdruck. Die erste Aufgabe des Generalbevollmächtigten wird sein, die Erzeugungskapazität der Elektrizitätsversorgungsunternehmen wieder mit den Leistungsanforderungen in Einklang zu bringen. Diese äußere Leistungssteigerung wird von einer inneren, nämlich der Zusammenfassung der übergroßen Vielzahl von Versorgungsunternehmen begleitet sein.

Kraftwerksbau.

DK 621.311.17

Bei anhaltender Zunahme des Energiebedarfs der deutschen Wirtschaft wurde der Bau der bereits begonnenen Dampf- und Wasserkraftwerke mit größtem Nachdruck weitergeführt und eine Reihe von neuen Bauvorhaben und Planungen in Angriff genommen. Die dem Generalbevollmächtigten für die deutsche Energiewirtschaft gestellte Aufgabe des Ausbaues der für die nächste Zeit dringend benötigten Leistung erfordert in den kommenden Jahren die Erstellung von neuen Kraftwerken mit erheblichen Leistungen für die öffentliche Versorgung und für Eigenanlagen. Der Kraftwerksbau wird daher auch in den folgenden Jahren Aufgaben größten Ausmaßes zu bewältigen haben.

Dampfkraftwerke.

Die im Bericht des Vorjahres ausgesprochene Erwartung, daß die in Betrieb kommenden neuen Werke eine Klärung der strittigen Ansichten über zweckmäßige Ausführungsformen und Bauarten bringen würde, hat sich nicht erfüllt. Es war nämlich in der Mehrzahl der Fälle nicht möglich, mit der Planung der Erweiterungen von in Bau befindlichen Anlagen abzuwarten, bis eine endgültige ins Einzelne gehende Bewertung der zugrunde gelegten Richtlinien gewonnen werden konnte. Allgemein hat sich aber die Entwicklung zum Hochdruck weiter fortgesetzt[1]). Die hierbei erzielbaren Ersparnisse an Kohlen für die Kraft- und Wärmeerzeugung rechtfertigen in vielen Fällen bei Erhaltung der Gesamtwirtschaftlichkeit der Anlagen eine gewisse Erhöhung der Anlagekosten, zumal hierdurch die Anspannung der Kohleförderung, welche in zunehmendem Maße für die Rohstofferzeugung beansprucht wird, gemildert werden kann. Auch die Zuordnung von zwei Kesseln zu einer Turbine hat sich bei großen Kraftwerken weiter durchgesetzt. Bei den Turbinen, deren Einheitsleistungen sich im Mittel erhöht haben, wurde die angestrebte Beschränkung der Gehäusezahl weiter verwirklicht. Neben Eingehäusemaschinen wurden für größere Gefälle Zweigehäusemaschinen gewählt oder zum Teil auch eine Aufteilung in Vorschalt- und Kondensationsturbine durchgeführt. Besondere Bedeutung kommt der hochwertigen und betriebssicheren Ausführung des Hochdruckteiles zu. Die Betriebserfahrungen mit Temperaturen bis zu 500 ° waren günstig, jedoch wird man von einer weiteren Erhöhung der Dampftemperaturen mit Rücksicht auf die starke Beanspruchung der Stahlwerke wohl vorläufig absehen.

Die an sich naheliegende Forderung, die für den Bau von Kraftwerken notwendige Planungsarbeit durch eine Normung erheblich zu vereinfachen, hat sich als nicht durchführbar erwiesen. Die Aufgaben, die ein Kraftwerk zu erfüllen hat, und die Bedingungen, unter denen es erstellt wird und später arbeiten muß, unterliegen von Fall zu Fall so starken verschiedenartigen Einflüssen, daß eine Vereinheitlichung nicht möglich erscheint. Es konnten aber Einheitsgrößen für Generatoren für Kondensationsturbinen auf Grund der bisherigen Ausführungen festgelegt werden.

Für Kessel wurden gewisse Druckstufen festgelegt, die für die jeweiligen Verhältnisse eine genügende Auswahl gestatten. Über die im Normvorschlag DIN E 2901 festgelegten Stufen für die Genehmigungsdrücke von Kesseln und die Temperaturen hinter den Überhitzern gehen die inzwischen von der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung herausgegebenen „Richtlinien für die Wahl der Drücke, Temperaturen und Leistungen in Dampfkraftwerken" hinaus. Diese Richtlinien empfehlen als Genehmigungsdrücke für größere Neuanlagen nur die Druckstufen 64 und 80 atü für Anlagen ohne Zwischenüberhitzung sowie 125 atü für Anlagen mit Zwischenüberhitzung. In Bau genommen wurden auch Anlagen mit 80 atü Genehmigungsdruck für Frischwasserkühlung und 125 atü für Rückkühlung ohne Zwischenüberhitzung. Für die dabei verwendeten Turbinen wurde die in den „Richtlinien" geforderte Garantie für die Zulässigkeit einer Endfeuchte von 12 % übernommen. Ein Kennzeichen des neueren Kesselbaues ist, daß im Gegensatz zu früher die Entwürfe verschiedener Kesselfirmen für denselben Bedarfsfall sich im Gesamtaufbau einander stark nähern. Für diesen Fall werden also die Konstruktionsarbeiten nur von einer der beteiligten Kesselfirmen geleistet, eine Entwicklung, die von seiten der Kraftwerksbauer wohl erstmalig beim Bau des Kraftwerks Zschornewitz vor bald 25 Jahren eingeleitet wurde.

Die neuen Anlagen wurden aus thermischen und betrieblichen Gründen in der Mehrzahl der Fälle mit Staubkohlenfeuerung ausgerüstet. Der Mangel an Feinkohle wird jedoch zweifellos in vielen Fällen wieder zur Verwendung von Wanderrosten zwingen. Die Errichtung von Schwelanlagen für solche Kraftwerke, welche auf der Braunkohle aufgestellt werden, wird im Interesse der Ölerzeugung dringend gewünscht. Aus dem Gebiet der Vorwärmung sind Neuerungen nicht zu verzeichnen. Sie wird meist dreistufig ausgeführt, bei Anlagen mit besonderer Ausnutzung aber auch vierstufig.

Wegen ihres höheren Wirkungsgrades führten sich Axialgebläse auch bei Kesselanlagen für Saugzüge ein. Der Wirkungsgrad der Fliehkraftentstauber wurde durch Unterteilung der Zyklone verbessert. Es wird immer mehr eine Zusammenfassung der Überwachung und z. T. auch der Bedienung der Kesselanlagen angestrebt, wobei auch eine räumliche Vereinigung dieser Bedienungsstände mit der Kraftwerkswarte durchgeführt wird.

Bei der Planung neuer Kraftwerke wird die Aufgabe der Erfüllung aller technischen und wirtschaftlichen Anforderungen sowie einer dem hohen technischen Stand entsprechenden architektonischen Gestaltung der Gesamtanlage durch enge Zusammenarbeit zwischen Kraftwerksbauer und Architekt angestrebt[2]). Neue Aufgaben für die Gesamtplanung der Kraftwerke bringt auch die zum Zweck der Eisenersparnis immer mehr in den Vordergrund gestellte Ausführung größerer Kraftwerksbauten in Eisenbeton mit sich. Es ist besonders für die Planung von Anlagen in Übersee bemerkenswert, daß im Gegensatz zu der bisherigen Auffassung sich Kraftwerke, die in Eisenkonstruktion errichtet werden, auch in Erdbebengebieten gut bewährten.

Wasserkraftwerke.

Beim Wasserkraftausbau gewinnen immer mehr die Gesichtspunkte einer großräumigen Kraftwirtschaft und

[1]) Goerke, Z. VDI 82 (1938) S. 389; ETZ 59 (1938) S. 1185.

[2]) Hencky, Z. VDI 82 (1938) S. 654, 979; Münzinger, Kraftwerk (1939) S. 3.

einer vom Volksganzen ausgehenden Wirtschaftlichkeit Bedeutung. Soweit es sich um Anlagen mit kleineren oder mittleren Fallhöhen handelt, ist der Ausbau mit Werkskanälen fast gänzlich zugunsten der Flußstaustufen verlassen. Der sparsamsten Bemessung aller Bauteile, insbesondere der Hochbauten und zwanglosen Einfügung in die Landschaft, wird erhöhte Bedeutung beigemessen. Diese Bestrebungen haben auch den Aufbau großer, langsamlaufender Maschinensätze mit beeinflußt. Im Berichtsjahr wurde eine größere Zahl von Anlagen in Betrieb genommen, von denen neben den Stufen am mittleren Inn ein an der Iller erstelltes Unterwasser-Kraftwerk bemerkenswert ist[3]). Neben zahlreichen Planungen und Neubauten im Altreich[4]) hat besonders auch die Angliederung der Ostmark[5]) mit ihren reichen Wasserkräften die Arbeiten auf dem Gebiet des Wasserkraftwerksbaues, insbesondere auch von Hochdruckanlagen mit großen, schnellaufenden Maschinen neu belebt.

[3]) Harald Müller, ETZ 59 (1938) S. 800; Z. VDI 82 (1938) S. 1117.
[4]) Gährs, Bautechn. 16 (1938) S. 274, Tode, Bautechn. 16 (1938) S. 665, Schweiz. Bauztg. 113 (1939) S. 27; O. Schatz, Z. VDI 82 (1938) S. 770.
[5]) ETZ 59 (1938) S. 908, Wasserkr. u. Wasserwirtsch. 33 (1938) S. 164, Z. VDI 82 (1938) S. 1090, Rundsch. Dtsch. Techn. 19 (1939) Nr. 2, S. 5; O. Höhn, Dtsch. Techn. 6 (1938) S. 225.

Elektrische Maschinen.

DK 621.313 + 621.333

Turbogeneratoren. — Die Entwicklungsarbeiten des letzten Jahres erstreckten sich auf verbesserte Belüftung, Herabsetzen der Verluste, Anwendung neuer Isolierstoffe und Isolierverfahren und Anpassung an besondere Betriebsbedingungen[1]). — Ein Bedürfnis für Grenzleistungsmaschinen lag in Europa nicht vor. Die Wasserstoffkühlung wurde in den V. S. Amerika angewandt zur Wirkungsgradverbesserung und zur Leistungssteigerung bis zu rd. 20 % der zweipoligen 60 Hz-Type bei Ausnutzung ihrer turbinenseitigen Vorteile[2]). Ende 1938 waren insgesamt 500 MW Maschinenleistung mit Wasserstoffkühlung in Betrieb. — Ein 40 MVA-Hochspannungsgenerator für 22 kV zur unmittelbaren Speisung eines Stadtnetzes ist im Bau. Erwähnenswert ist der Versuch, einen ölisolierten Hochspannungsgenerator für Spannungen bis 132 kV zu bauen[3]).

Wasserkraftstromerzeuger[4]). — Bei den langsamlaufenden Wasserkraftgeneratoren ist man bei der 100 MVA-Grenze für die Leistung der Einzelmaschine angelangt. Es sind vier Generatoren für 100 MVA bei 150 U/min und 50 bzw. 60 Hz im Bau. — Neue Ausführungsformen für Ständerwicklungen werden angegeben[5]). Ein 40 MVA-Generator für die hohe Betriebsdrehzahl von 600 U/min und eine Schleuderdrehzahl von 1142 U/min ist erwähnenswert. Das Führungslager war dabei mit dem Traglager kombiniert.

Erhebliche Neuentwicklungen fanden in konstruktiver Beziehung statt mit der Absicht, die Gesamtkosten des Kraftwerkes zu verringern. Freiluft- und Unterwassergeneratoren sind für neue Anlagen (Hohenwartesperre und Unterer Inn) im Bau. Die Schirmbauweise der vertikalen Generatoren setzt sich durch[6]). Der Maschinenraum wird in einigen Anlagen so klein gemacht, daß er nur eine Verschalung der Maschinen und Schaltanlagen darstellt, und daß zur Abführung der Verlustwärme der Generatoren Kühler in den Ständerrücken eingebaut werden müssen. — Ein Mittelfrequenzgenerator für 2200 kVA bei 500 Hz wurde geliefert, ein Hochfrequenzgenerator für 30 000 Hz und 52 kVA ist im Bau.

Gleichstrommaschinen. — Zu den schon im vorjährigen Bericht erwähnten Ilgner-Steuermaschinen von je 11 MW Spitzenleistung bei 13,4 kA und 500 U/min und dem zugehörigen Walzmotor für 350 tm Ausschaltmoment[8]) kam eine ähnliche Anlaßdynamo für ein Steckelwalzwerk hinzu[9]). Sie leistet maximal 11 MW bei 950 V, 11,6 kA, 400/500 U/min. Während die Kommutierung der zuerst genannten Maschine durch Nutendämpfer unterstützt wurde, ist dies bei der neuen Maschine nicht als notwendig erachtet worden. — Beim Antrieb eines Rohrwalzwerkes durch zwei Gleichstrommotoren von je 2500/5000 kW bei 330 bis 525 U/min wurden Synchronsteuergruppen benutzt. Für Elektrolyseanlagen wurden, trotz scharfen Wettbewerbs durch Stromrichter, Motorgeneratoren für 12,3 kA bei 130 V, 500 U/min und Einankerumformer für 10 kA bei 225/300 V geliefert. — Eine Dreifach-Pendelmaschine für eine Bremsleistung von 3000 PS im Bereich 1000 bis 1800 U/min ist im Bau.

Drehstrom-Induktionsmotoren. — Für den Antrieb eines Schrägwalzwerks wurden polumschaltbare Kurzschlußläufermotoren für 1800 kW, 250/333 U/min gebaut[10]). Ein großer Bedarf an Drehstrommotoren für den Antrieb von Kompressoren, Kolben-, Kreisel- und Turboverdichter für Hydrieranlagen, Gichtgas und Ferngas mit wesentlich vergrößerter Einzelleistung war vorhanden[11]). Die großen Langsamläufer, z. B. 6200 kW bei 94 U/min, werden fast ausschließlich als Synchronmotoren mit Dämpferwicklung für unmittelbares Einschalten ausgeführt; für mittlere Leistungen haben sich Asynchronmotoren mit Kurzschluß- oder Keilstabläufer auch bei kleinen Drehzahlen bewährt. — Kleine Drehstrommotoren in Leichtmetallausführung wurden auf den Markt gebracht. Der vierpolige 3 kW-Motor wiegt 10,5 kg/kW gegenüber 15 bis 18 kg/kW bei der üblichen Ausführung[12]). — Drehstrom-Kommutatormaschinen werden selbst bei hohen Anforderungen für Regelantriebe verwandt. Eine der größten europäischen Papiermaschinen, die mit sechs Nebenschluß-Kommutatormotoren zu je 300 PS ausgerüstet worden ist[13]), hat sich im Dauerbetrieb gut bewährt. Zum Antrieb von Kesselspeisepumpen werden zwei ständergespeiste Drehstrom-Nebenschluß-Kommutatormotoren für 785 kW bei 1060 U/min bzw. 200 kW bei 795 U/min geliefert.

Lokomotivantriebe. — Für den Einzelachsantrieb einer Schnellzuglokomotive (E 19) wurde eine Stundenleistung von 1350 PS je Motor erreicht[14]). Die 500 kW-Einphasenmotoren mit Zwischenläufer und die 250 kW-Einphasen-Reihenschlußmotoren für 50 Hz für die Höllentalbahn haben sich in mehrjährigem Betrieb bewährt[15]).

[1]) AEG-Mitt. (1938) H. 1, S. 2; (1939) H. 1, S. 4. Siemens-Z. 18 (1938) H. 3, S. 142.
[2]) Gen. Electr. Rev. (1939) S. 5.
[3]) ETZ 59 (1938) S. 1414.
[4]) Wie Fußnote 1.
[5]) K. Kunoth, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 52.
[6]) E. Wiedemann, VDE-Fachber. 9 (1937) S. 61.
[7]) ETZ 59 (1938) S. 520.
[8]) ETZ 59 (1938) S. 503.
[9]) ETZ 59 (1938) S. 1107.
[10]) AEG-Mitt. (1939) H. 1, S. 22.
[11]) AEG-Mitt. (1938) H. 1, S. 24; AEG-Mitt. (1939) H. 1, S. 25; BBC-Nachr. 26 (1939) H. 1, S. 3; Siemens-Z. 18 (1938) H. 3, S. 147.
[12]) ETZ 59 (1938) S. 231.
[13]) AEG-Mitt. (1938) H. 1, S. 29; AEG-Mitt. (1939) H. 1, S. 30.
[14]) Wechmann u. Michel, Elektr. Bahnen 14 (1938) S. 283.
[15]) W. Wechmann, Elektr. Bahnen 15 (1939) S. 4.

Transformatoren.

DK 621.314.2

Im letzten Jahre sind die ersten beiden Wandertransformatoren[1] für 100/100/40 MVA und 220/110/10 kV geliefert und in Betrieb genommen worden (Abb. 1). Eine große Zahl vollkommen gleicher Ausführungen befindet sich im Bau. Die Spannungsregelung der 110 kV-Seite wird mit getrennten Sparregeltransformatoren (Abb. 2) vorgenommen, die ebenfalls als Wandertype ausgebildet sind und mit Selbstkühlung arbeiten. Die Regelung erfolgt mit der bewährten Widerstandsschnellschaltung unmittelbar im 110 kV-Kreis. Gegenüber der früher bisweilen angewandten Zwischenkreisregelung ergeben sich damit beträchtliche Ersparnisse an Gewicht und Verlusten. Die Lieferungen der 30 MVA-Wandertransformatoren für eine Oberspannung von 110 kV schreiten rüstig voran. Es handelt sich dabei um die bei weitem wichtigste Type aus der 100 kV-Reihe der Wandertransformatoren, die von 15 MVA bis zu 60 MVA reicht. Der erste Vertreter der letzten Leistungsstufe geht bereits seiner Vollendung entgegen und ist insofern bemerkenswert, als er mit seinem Fahrzeug eine Einheit bildet.

Abb. 1. Wandertransformator für 100/100/40 MVA und 220/110/10 kV.

Abb. 2. Wander-Sparregeltransformator für 100 MVA Durchgang und 110/122 bis 99,18 kV.

Die Vorarbeiten für die Normung der Großtransformatoren sind tatkräftig vorwärts getrieben worden. Den Rahmen hierfür bilden einerseits die bereits bestehenden Normen bis zu 1600 kVA und anderseits die obengenannten Wandertransformatoren der 100- und 200 kV-Reihe. Durch diese Normung soll die Deckung des stark angewachsenen Bedarfes an Transformatoren mittlerer und großer Leistungen sichergestellt werden.

Die Entwicklung auf dem Gebiete der Oberwellenkompensation kann als abgeschlossen angesehen werden. Sie brachte insbesondere für große Einheiten[2] einfache und wirtschaftliche Lösungen, die auch noch bei höheren Sättigungen einen kaum von der Sinuskurve unterscheidbaren Magnetisierungsstrom ergeben. In Mittelspannungsnetzen mit vielen kleinen Transformatoren[3] läßt sich durch zyklische Phasenvertauschung und Zufügung von primärseitig im Dreieck geschalteten Typen eine Verbesserung der Spannungskurve erzielen. — Zahlreiche Transformatoren mit schwingungsfreien Wicklungsbauarten haben in den letzten Jahren ihre Sicherheit ohne Ausfall unter Beweis stellen können. Die neue Bauweise findet daher steigenden Eingang in die Netze. Die Bemühungen, das Öl des Transformators durch unbrennbare Isolierflüssigkeiten zu ersetzen, wurden fortgesetzt. Eine Reihe kleinerer Netztransformatoren mit dieser Füllung läuft bereits seit längerer Zeit ohne Störung.

Für die Messung hoher Gleichspannungen wurde aus dem bekannten statischen Gleichstromwandler unter Verwendung hochpermeablen Werkstoffes ein Spannungswandler[4] mit hoher Belastbarkeit und Genauigkeit entwickelt, der die Hochspannung mit unbedingter Sicherheit vom Meßkreis fernhält.

[1] M. Cholewa, AEG-Mitt. (1938) S. 516. ETZ 59 (1938) S. 520.

[2] W. Krämer, ETZ 59 (1938) S. 929.

[3] F. Kurz u. E. Scharstein, ETZ 60 (1939) H. 14, S. 409.

[4] W. Krämer, ETZ 59 (1938) S. 1295.

Stromrichter.

DK 621.314.27 + .57/.58 + .65

Obgleich auch in diesem Berichtsjahr alle Werke aufs äußerste angespannt waren, um die gestellten Lieferprogramme zu erfüllen, war es doch möglich, die Entwicklung weiter zu treiben und die von den Verbrauchern gestellten Aufgaben zu erfüllen. An der Spitze aller Bestrebungen stand der Wunsch, die Stromrichteranlagen zu vereinfachen, zu vereinheitlichen und ihre Bedienung zu erleichtern, so daß bei der Fabrikation, bei der Montage und im Betrieb an Arbeitskräften gespart werden kann.

Bei den kleinen Eisenstromrichtern ging man zu diesem Zweck von der Wasserkühlung zur Luftkühlung über. Dieser Schritt lag um so näher, als man zur Verhütung von Korrosionen fast allgemein von der unmittelbaren Wasserkühlung abgekommen war und Rückkühler mit Wasser oder Luft aufstellte. Für die Großgefäße, bei denen zunächst die Vakuumpumpe beibehalten wird, bedeutet der Übergang auf die einfachere Luftkühlung einen Schritt, der sowohl die Aufstellung wie die Unterhaltung erleichtert. Die luftgekühlten Klein-Eisengleichrichter werden nach dem Vorbild der Glasgleichrichter mit der zugehörigen Bedienungsanlage zu geschlossenen Geräten vereinigt, die in der Werkstatt fertig ausgebaut werden und auf der Anlage in einfachster Weise in Betrieb gesetzt werden können.

Einen weiteren Fortschritt in dieser Richtung bedeutet der pumpenlose Gleichrichter, der nunmehr bis etwa 600 A in die Praxis eingeführt wurde. Ein endgültiges Urteil über seine Aussichten, insbesondere gegenüber den Glasgleichrichtern, kann naturgemäß erst abgegeben werden, wenn genügend Erfahrungen über die erreichbare Lebensdauer vorliegen, wobei die Aussichten als so günstig bezeichnet werden müssen, daß man schon die Reihenfabrikation dieser Apparate aufnehmen konnte. Die Gefäße können so bemessen werden, daß sie in den üblichen Glasgleichrichterschrank untergebracht und deshalb auch als Ersatz für verbrauchte Glaskolben gleicher Stromstärke verwandt werden können.

Auf dem Gebiete der Hochstromgleichrichter sucht man die Vereinfachung der Anlagen durch die Verminderung der Zahl der parallelarbeitenden Einheiten zu erreichen, vor allem im Hinblick auf die umfangreichen Schaltanlagen, Steuer- und Schutzeinrichtungen sowie den Platzbedarf. Aber auch die Bedürfnisse der chemischen Industrie drängen in der gleichen Richtung. Hier kommt die Technik der Elektrolyseverfahren zu immer größeren Einheiten, die höhere Wirtschaftlichkeit gestatten. Die im Vorjahre berichtete Entwicklung des 8000 A-Gleichrichters kam diesen Bedürfnissen entgegen, und dieses Gefäß konnte nach erfolgreicher Erprobung im Dauerbetrieb in größerem Umfange in die Praxis eingeführt werden, nachdem eingehende Vergleiche über die Gesamtkosten großer Anlagen mit 8000 A- statt 5000 bis 6000 A-Gefäßen die Richtigkeit des eingeschlagenen Weges bestätigt hatten. Entgegen früheren Annahmen ist der Wirkungsgrad bei den hier in Frage kommenden Betriebsspannungen praktisch dem der bisherigen Grenztypen gleichzusetzen. Die Untersuchung der mit der Verlustsenkung zusammenhängenden Fragen eröffnete auch Aussichten, den Wirkungsgrad der Hochstromgleichrichter allgemein zu verbessern und trifft sich hier mit den gleichartigen Bestrebungen bei den Kleingleichrichtern, die in erster Linie eine bessere Ausnutzung des Werkstoffs bezwecken.

Auch auf dem Gebiet der Hochspannungsanlagen für Rundfunk- und Fernsehsender wurden Anlagen recht erheblichen Umfanges ausgeliefert und mit Erfolg pumpenlose Hochspannungs-Stromrichter eingeführt.

An den Stromrichtern mit Oxydkathoden wurde weiter an der Verlängerung der Lebensdauer gearbeitet, und es wurden Metallstromtore entwickelt. Gute Fortschritte wurden mit der Betriebssicherheit, Lebensdauer und Steuerfähigkeit von Hochspanungs-Oxydkathodenröhren für die Stromversorgung von Großsendern erreicht.

Unter den Anwendungsgebieten standen wiederum die Elektrolyseanlagen an erster Stelle. Es kamen mehrere Anlagen mit Leistungen bis zu 80 000 A bei 800 V in parallelgeschalteten Gefäßen in Betrieb bzw. Fabrikation, worunter sich bedeutende Auslandsaufträge befinden. Auch Elektrolyse-Anlagen bis zu Spannungen von 1200 V wurden in Betrieb gesetzt. Mit gittergesteuerten Stromrichtern zur Speisung von motorischen Antrieben wurden so augezeichnete Betriebsergebnisse erzielt, daß dieses Anwendungsgebiet endgültig gewonnen ist. Bemerkenswert ist ein Auftrag auf fünf gittergesteuerte Stromrichter für eine Breitbandwalzenstraße mit einer Dauerleistung von 12 000 kW und einer Spitzenleistung von 24 000 kW. Der störungsfreie Betrieb dieser Straßen erfordert eine schnelle und genaue Drehzahlregelung aller zusammenarbeitenden Motoren bzw. Walzenstraßen. Diese Aufgabe kann mit Hilfe der Gittersteuerung in einfacher Weise gelöst werden. Die Anlage wird ferner Einrichtungen zur Umsteuerung der Stromrichter auf Wechselrichterbetrieb erhalten, um in Störungsfällen die Walzenstraßen in kürzester Zeit stillsetzen zu können. In einer Walzwerksanlage, bei der ein Umkehrstromrichter die Antriebsmotoren der Senkrechtwalzen in einem ganz bestimmten Drehzahlverhältnis zu den von einer Dampfmaschine angetriebenen Waagerechtwalzen steuern muß, wurde dank der Trägheitslosigkeit der Gittersteuerung ein so volkommener Gleichlauf erzielt, daß selbst der ungleichförmige Lauf der Dampfmaschine innerhalb einer Umdrehung nachgebildet wird. Die betreffende Anlage befindet sich bereits seit nahezu einem Jahr in Betrieb. In einem anderen Fall wurde mit einer derartigen Regeleinrichtung die Forderung erfüllt, die Drehzahl eines großen, über Gleichrichter gespeisten Gleichstrommotors in einem weiten Bereich auf 1 ‰ genau konstant zu halten. Zur drehzahlabhängigen Beeinflussung des Gleichrichters wirkt hierbei der Röhrenregler auf die Röhrensteuerung des Hauptgleichrichters. Wie die Messungen gezeigt haben, überschreitet die erreichte Drehzahlkonstanz die Frequenzgenauigkeit des BEWAG-Netzes.

Auf dem Gebiete der Leichtmetallschweißung hat sich die Steuerung von Schweißmaschinen mittels Stromrichter weiter eingeführt.

Nachdem im Vorjahre über die Betriebsergebnisse mit dem Dreiphasen-Einphasen-Umrichter berichtet worden war, kann nun auch das Problem des Dreiphasen-Dreiphasen-Umrichters als grundsätzlich gelöst bezeichnet werden. Auch dieser Umformungsvorgang kann mit einem einzigen Stromrichtergefäß bewirkt werden. In Verbindung mit den Arbeiten am Umrichter wurden für eine praktisch trägheitslose Leistungs- und Frequenzregelung neuartige Lösungen entwickelt, die auch für sonstige Regelaufgaben der Stromrichtertechnik von Bedeutung sind. Allgemein geht in den letzten Jahren die Entwicklung dahin, die hochwertigen Regelmöglichkeiten der Gittersteuerung zur besseren Ausnutzung der Anlagen einzusetzen.

Schaltanlagen und Schalteinrichtungen.

DK 621.316.3

In den vorhergehenden Berichtsjahren lagen die Aufgaben für den Schaltanlagenkonstrukteur in erster Linie auf dem Gebiet der Industrieschaltanlagen. Im verflossenen Berichtsjahr dagegen kam die Aufgabe in stärkerem Maße von seiten der öffentlichen Werke. Der Neuausbau und die Vervollständigung des großdeutschen Verbundnetzes bedingte die Projektierung und den Bau einer größeren Anzahl von Hochspannungsanlagen sowie auch von Kraftwerks-Schaltanlagen bemerkenswerter Ausmaße. Das Arbeiten dieser Kraftwerke unmittelbar in die Verbundnetze ohne Leistungsabgabe mit Mittelspannung in die nähere Umgebung ermöglichte besonders klare Schaltbildverhältnisse und damit auch innerhalb der Anlagen eine übersichtliche und einfache Gliederung des Aufbaues.

Abb. 1. Kraftwerkschaltwarte für den elektrischen Teil und den Dampfteil.

Während früher große Unterschiede bezüglich der Schaltung und des Schaltanlagenaufbaues zwischen Industrieanlagen und Anlagen der öffentlichen Werke bestanden, haben sich heute diese Formen nahezu vollkommen angeglichen. An die Stelle des Getrenntfahrens der einzelnen Kraftwerksgruppen oder Generatoren mit Verteilungsspannungen von 5 und 6 kV ist heute an vielen Stellen in der Industrie die Kupplung der Kraftwerkgruppen durch überlagerte 30-, 60- oder 100 kV-Netze getreten. Es entstehen auf diese Weise praktisch genau dieselben Schaltungen wie in der großstädtischen Stromversorgung, wenn auch die Entfernungen innerhalb der Industrienetze viel kleiner sein können, als dies beim großstädtischen Netz der Fall ist.

Das im letzten Bericht erwähnte starke Ansteigen der Kurzschlußleistungen ließ im vergangenen Jahre einen gewissen Stillstand erkennen. Der Beanspruchungshöchstwert der Anlagen blieb durchweg unterhalb der Grenzen von 80 000 bis 150 000 A Stoßstrombelastung.

Die Betriebe tragen auf Grund der gewonnenen Erkenntnisse der zum Teil immer noch recht sprunghaften Steigerung des Kraftbedarfes mehr und mehr durch rechtzeitige Einführung eines Überlagerungsnetzes mit höheren Spannungen und durch weitgehenden Einbau von Sammelschienen und Abzweigdrosselspulen Rechnung, wodurch die Beherrschung der Kurzschlußauswirkungen mit einfachen und wirtschaftlichen Mitteln und Anlagenbauformen möglich ist. Der wesentliche Vorteil dieser Kurzschlußstrombegrenzung liegt in der Verbesserung der Spannungshaltung im Kurzschlußfall und in der Eingrenzung der von den Kurzschlußauswirkungen betroffenen Netzteile.

Die Fortschritte in der Möglichkeit der Fernsteuerung neuzeitlicher Hochleistungskessel führte zum Teil zu einer Zusammenlegung der Betriebsführung des Kessel- und elektrischen Teiles der Kraftwerke in Zentralwarten, von welchen aus die gesamte Kraftwerksführung erfolgen kann. Auch bei Kraftwerken mit umfangreichen Schaltanlagen, insbesondere solchen mit einem ausgedehnten Eigenbedarf sowohl auf der dampftechnischen als auch auf der elektrischen Seite, wie sie z. B. in der Industrie gebraucht werden, führten die Fortschritte in der Kesseltechnik zur Schaffung ausgesprochener Wärme- und Kesselwarten. Hierbei konnten die im Laufe der letzten Jahre auf dem Gebiete des elektrischen Schaltwartenbaues gewonnenen Erkenntnisse mit Vorteil angewandt werden (Abb. 1).

Das Streben nach wirtschaftlicher Ausnutzung der immer umfangreicher werdenden Verbundnetze förderte die Gedanken zum Bau übergeordneter Lastverteilerstellen. Die zum Teil noch recht verschiedenen Arten der Aufgabenstellung seitens der Betriebe sowie die dafür getroffenen Lösungen lassen erkennen, daß die Entwicklung auf diesem Gebiet noch nicht abgeschlossen ist (Abb. 2).

Abb. 2. Lastverteilerwarte.

Die Arbeiten für die Umstellung auf heimische Baustoffe wie auch diejenigen zur Schaffung rohstoffsparender Bauweisen traten auf dem Schaltanlagengebiet nach außen hin weniger in Erscheinung, erforderten aber zum Teil eine recht umfangreiche Kleinarbeit. Es sei z. B. nur an die Einführung von Magnesium als Stromleiter erinnert, bei welcher es durch eine selbstlose Zusammenarbeit aller an dieser Frage interessierten Stellen in

kurzer Zeit möglich wurde, allgemein gültige Konstruktionsunterlagen zu schaffen. Während für die Leitungsverlegung innerhalb der Hochspannungszellen auch in Zukunft Aluminium verwendet wird, ist für die Ausführung von Sammelschienen mit bestimmten Querschnitten Magnesium vorgeschrieben, weil sich die Sammelschienen verhältnismäßig leicht gegen Kurzschluß-Lichtbogenerscheinungen schützen lassen. Allerdings ist hierdurch die Anwendung von Lichtbogenschutzanordnungen an den Sammelschienen besonders zweckmäßig und notwendig geworden.

Abb. 3. Schaltanlage nach Regelbauweise.

In gleicher Richtung gehen die Bestrebungen auf dem Gebiet der Beschaffung einheitlicher Bauformen für Innenraumanlagen. Sie finden ihren Niederschlag in den heute verfügbaren werkfertigen Kleinstationen, fertigen Hochspannungszellen zum Aufbau nach Baukastensystemen, Regelbauweisen und dergl (Abb. 3).

Abb. 4. Freiluftanlage in Kiellinienbauweise.

Auch auf dem Gebiet der Freiluftanlagen konnte man neben der bewährten halbhohen, sogenannten klassischen Bauweise, die durch eine leichte Zugänglichkeit einzelner Geräte während des Betriebes und geringe Feldbreiten gekennzeichnet ist, eine Ausführungsform feststellen, deren Berechtigung unter den Konstrukteuren zwar noch umstritten scheint, die aber in vielen Fällen Einsparungen ermöglicht. Es handelt sich um die sogenannte Kiellinienbauweise, welche insbesondere bei Mehrfachsammelschienen mit einem geringen Aufwand an Baustoffen und Isolation, wie Hängeketten und dergl., erstellt werden kann. Durch die Verminderung der Zahl der Hängeketten wird die Zahl der Störungsquellen verkleinert (Abb. 4).

Schaltgeräte.

DK 621.316.5

Im Inland und Ausland nehmen die Bestrebungen zu, für die Aufrechterhaltung der Stromversorgung besondere Sicherheitsmaßnahmen[1]) zu treffen, die dementsprechend auch den Schalterbau weitgehend beeinflussen. Während man sich bisher, insbesondere in den angelsächsischen Ländern, um eine möglichst starke Verkürzung der Auslösezeiten bemühte, führt nun die Weiterentwicklung zur Kurzschlußlöschung durch schnelles Wiedereinschalten. Indem ganze Netze oder große Netzteile durch zentralgelegene Schalter für kurze Zeit spannungslos gemacht werden, erreicht man, daß Luftlichtbögen auf Freileitungen von selbst zum Erlöschen kommen. Dadurch können 80 bis 90 % aller Störungen vom Abnehmer ferngehalten werden. Hinsichtlich der für den Schalterbau ausschlaggebenden Zeitspanne vom Ausschalten bis zum Wiedereinschalten gehen die Wünsche noch sehr auseinander. Mit Rücksicht auf das Außertrittfallen ferngekuppelter Kraftwerke oder größerer Motoren muß die spannungslose Pause möglichst kurz sein, bis herunter zu 0,1 s, während die Entionisierung der heißen Lichtbogengase, besonders wenn die Spannung nach dem Abschalten durch Motoren, Umformer u. dergl. noch aufrechterhalten wird, Zeiten von 0,25 bis 0,5 s erforderlich sind.

Um solche Forderungen zu erfüllen, wird im Ausland oft ein erheblicher Aufwand getrieben; so wird in Frankreich ein Kurzschlußlöscher mit zwei Leistungsschaltern je Pol angegeben, in Italien beschränkt man sich bereits auf zwei Löschkammern in einem Schaltgefäß, die abwechselnd in jeder Schaltrichtung in Aktion treten. Demgegenüber ist man in Deutschland bestrebt, mit wesentlich geringerem Aufwand auszukommen. Beim Preßluftschalter ist nur der Anbau eines weiteren Druckluftantriebes und -ventils erforderlich[2]), um einen Schaltzyklus Aus-Ein-Aus mit der gewünschten kurzen Zeitstaffelung zu erhalten. Für den Expansionsschalter ergibt sich ebenfalls eine sehr einfache Bauform als Kurzschlußlöscher[3]), wenn das bei der Säulenbauart schon seit langem angewandte Lufttrennmesser für das schnelle Wiedereinschalten benutzt wird. Beide Schalterarten haben sich bereits im Betrieb und in Netzversuchen bewährt.

Nachdem die Prüfung von Leistungsschaltern durch internationale Vorschriften[4]) sowie durch solche in den einzelnen Ländern[5]) genormt worden ist, wendet sich nunmehr das Interesse der Auswahl von Schaltgeräten zu; hierüber sind in nächster Zeit ebenfalls allgemein gültige Richtlinien zu erwarten, die auch die Berechnung der Kurzschlußströme im Netz umfassen. Über den Einschwingvorgang der wiederkehrenden Spannung[6]) ist indessen noch nicht genügend Klarheit vorhanden, so daß mit einer Normalisierung noch gewartet werden muß.

[1]) ETZ 59 (1938) S. 1331.

[2]) O. Mayr, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 32.
[3]) W. Kaufmann, ETZ 60 (1939) H. 9, S. 241.
[4]) ETZ 59 (1938) S. 1289ff., vgl. S. 1348.
[5]) W. Kaufmann, ETZ 59 (1938) S. 553.
[6]) ETZ 60 (1939) H. 5, S. 135.

Im übrigen Schalterbau sind erfreulicherweise Bestrebungen im Gange, um eine Beschränkung der Typenreihen zu erreichen. Derartige Maßnahmen sind erforderlich, um der Fabrikation die Erfüllung der immer noch steigenden Anforderungen der Wirtschaft zu ermöglichen. Die Verbraucher werden daher mehr als bisher ihre Sonderwünsche, auch wenn sie an sich berechtigt sein mögen, im Interesse der Gesamtheit zurückstellen müssen, zumal eine ausreichende Auswahl an Geräten aller Spannungen, Stromstärken und Leistungen in langjährig erprobten Ausführungen zur Verfügung steht.

Relais, Schutz- und Steuertechnik.

DK 621.318.5 : 621.8 : 621.316.925

Im Berichtsjahr sind von verschiedenen Firmen eine Reihe von Hilfsrelais herausgebracht worden. Die Neukonstruktionen dienen in erster Linie dazu, vorhandene Lücken in den Typenreihen der einzelnen Firmen auszufüllen, in einigen Fällen aber wird durch Verlängerung der Reihe der Anwendungsbereich dieser Relais erweitert. Auf dem Gebiet der Distanzrelais sind grundsätzliche Neuerscheinungen nicht zu verzeichnen. Die Konstruktionen sind aber überall verbessert worden. Die Einrelaisschaltungen haben sich weitgehend eingeführt; die betreffenden Relais sind so ausgestaltet, daß mit ihnen ein großer Teil der Ansprüche erfüllt werden kann. Wo schwierigere Schutzaufgaben vorliegen, werden die Relais durch Zusatzrelais für Sonderaufgaben erweitert. Hingewiesen sei hier auf die zusätzlichen Reaktanzkippstufen und die Hilfsrelais, um Impedanzschutz mit dem Differentialschutz oder Richtungsvergleichsschutz zu kombinieren. Bei sehr kurzen Leitungsstrecken hat in Hochspannungsanlagen wegen des verhältnismäßig großen Lichtbogenwiderstandes eine Reaktanzmessung Bedeutung[1]), während in Mittelspannungs- und Kabelnetzen bekanntlich an Stelle der Zeitstaffelsysteme ein Vergleichsschutz entweder mit Stromvergleich oder mit Energierichtungsvergleich angesetzt wird, der kurze Auslösezeiten ergibt. Durch die Kombination von solchen Längsvergleichs- bzw. Schnelldifferential-Schutzanlagen mit dem Impedanzschutz werden sehr schwierige Netzschutzaufgaben einwandfrei gelöst. Die inzwischen vereinheitlichten Schaltungen und dafür entwickelten Relaistypen wurden im Berichtsjahr der Öffentlichkeit bekanntgemacht[2]).

Gewisse Schwierigkeiten machte noch die Staffelung der Schutzsysteme beim Übergriff über Transformatoren. Die Auslösezeit des Differentialschutzes von Transformatoren bestimmt rückwärts auch die Auslösezeit der über den Transformator gekuppelten Netze. Wegen des langsam abklingenden Einschaltstromes von Transformatoren konnte man die Auslösezeit des Differentialschutzes bestenfalls auf 0,5 s herabdrücken, eine für die heutigen Erfordernisse noch unangenehm lange Zeit. Dadurch, daß das Differentialrelais über einen Zwischenwandler mit besonderen magnetischen Eigenschaften angeschlossen wird, wird ihm nur der „nützliche" Differenzstrom zugeführt, so daß die Auslösezeit ohne weiteres herabgesetzt werden kann[3]).

Bei der Projektierung wird mehr als bisher auf das gleichzeitig oder kurz aufeinanderfolgende Auftreten mehrerer Fehler geachtet. Das Ergebnis der Bekämpfung von Mehrfachfehlern ist recht gut gewesen[4]). Besondere Aussichten hierfür scheint das unter dem Namen Kurzschlußfortschaltung bekannte Verfahren zu bieten. Bei ihr wird unmittelbar nach Auftreten des Fehlers eine möglichst unverzögerte Abschaltung vorgenommen. Der Schalter wird sofort wieder eingelegt, wobei die dazwischenliegende Zeitspanne so klein gewählt wird, daß mit Sicherheit eine Neuzündung eines Kurzschlußlichtbogens vermieden wird. Das Verfahren wird da besonders günstig sein, wo Stichleitungen einseitig gespeist werden[5]).

Man hat vorgeschlagen, in Maschennetzen die Maschennetzschalter durch steuerbare Sicherungen zu ersetzen. Relais, die auf die Energierichtung oder dergl. ansprechen, steuern eine besondere Netzeinrichtung, die die Sicherungen zum Auslösen bringen. Im übrigen arbeiten die Sicherungen in ihren normalen Kennlinien[6]). Erfahrungen stehen noch aus.

Bei einem neuen Gestellschutzrelais für den Schutz von Generatoren wird die Empfindlichkeit durch Gleichrichtung des Stromwandlerstromes erhöht. Sie wird weiter dadurch gesteigert, daß an Stelle des permanenten Magneten ein elektrisch erregter Magnetkern benutzt wurde[7]). Durch Anschluß eines Spannungsrelais über Gleichrichter an die Wechselspannungsquelle kann dessen Frequenzabhängigkeit beseitigt werden, wodurch es als Spannungssteigerungsrelais bei Netzentlastung und dadurch hervorgerufenen Frequenzanstieg geeignet wird[8]).

Den Fragen der Verriegelung von Trennschaltern sowie des Schaltfehlerschutzes zur Vermeidung von Fehlschaltungen wurde erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet[9]).

Den Fortschritt der Steuertechnik kennzeichnet der immer häufiger werdende Einsatz von Notstrommaschinensätzen, bei denen in erster Linie Dieselmotoren als Antriebsmaschinen benutzt werden. Durch Auswahl geeigneter Dieselmotoren wird die Anfahrzeit erheblich verkürzt. Selbstzündung des Brennstoffgemisches bei schon niedriger Drehzahl beschleunigt den Anlaßvorgang weiterhin, besonders dann, wenn durch Raumheizung, Innenheizung der Zylinder mit Glühkerzen, Vorwärmen des Kühlwassers und Schmieröles der Bereitschaftszustand verbessert ist. Mit solchen Mitteln läßt sich die Stromunterbrechungszeit auf etwa 5 s herunterdrücken. Diese Zeit genügt meistens, so daß nur in wenigen Ausnahmefällen eine Pufferbereitschaft geschaffen werden muß, um auch unterbrechungslos Strom liefern zu können. Die Drehstromgeneratoren erhalten zur Zeit keine Erregermaschine mehr; der Erregerstrom wird über Gleichrichter der Wechselspannung des Generators entnommen; durch Drossel- und Kondensatorschaltungen wird beim Anfahren die genügende Erregung geschaffen. Die Kompoundierung bei Laststößen

[1]) H. Neugebauer, Elektrizitätswirtsch. 37 (1938) S. 396.
[2]) F. Geise, Siemens-Z. 18 (1938) S. 446.
[3]) F. Geise, Siemens-Z. 18 (1938) S. 491.
[4]) H. Titze, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 161
[5]) O. Mayr, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 32. — R. Schimpf, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 157. — B. Fleck u. G. Stark, AEG-Mitt. (1938) S. 173.
[6]) H. Muth u. K. Zimmermann, ETZ 59 (1938) S. 1257.
[7]) E. Bopp, Siemens-Z. 18 (1938) S. 53.
[8]) F. Fröhlich, AEG-Mitt. (1939) S. 177.
[9]) J. Eisert, ETZ 59 (1938) S. 3. — J. Eisert, Elektrotechn. u. Masch.-Bau (1939) S. 129. — B. Fleck, AEG-Mitt. (1939) S. 178.

ist so gut, daß Spannungsschwankungen infolge von Laststößen bereits nach etwa 4 Per. ausgeglichen sind[10]).

Bei großen Wasserkraftgeneratoren konnte die Zeit für den Selbstanlauf vom Moment der Kommandogabe bis zur Lastabgabebereitschaft unter 50 s heruntergedrückt werden; für durch Kaplanturbinen angetriebene vielpolige Generatoren von über 27 MVA Leistung eine außerordentlich kurze Zeit.

Regeln für den planmäßigen Maschineneinsatz und für die wirtschaftliche Lastaufteilung auf mehrere Maschinen eines Kraftwerkes wurden festgelegt und die Relaissteuerung hierfür entwickelt[11]).

[10]) H. Stössinger, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 167.

[11]) H. Wierer, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 164.

Fernwirktechnik.

DK 621.398

Auch in diesem Berichtsjahre sind im allgemeinen keine grundlegend neuen Verfahren bekanntgeworden außer bei der Hochfrequenzübertragung, wo über einige neue Wege zu berichten ist. Der Einsatz der bewährten Einrichtungen hat, bedingt durch den Ausbau der Netze und ihre zunehmende Verkupplung, weitere starke Fortschritte gemacht. Auch im Ausland ist eine solche z. T. von der deutschen Technik maßgebend beeinflußte, z. T. ihr ähnlich verlaufende Entwicklung festzustellen[1])[2])[3]).

Auf dem Gebiet der Fernmessung sind einige den auftretenden Bedürfnissen besonders angepaßte Ergänzungen der bestehenden Verfahren zur Meßwertübertragung geschaffen worden[4])[5]). An Bedeutung gewinnen die auf verschiedenen Grundlagen beruhenden Verstärker für die schwachen Gleichströme, die von den üblichen Fernmeßeinrichtungen zur Verfügung gestellt werden und für manche Anwendungen, z. B. für Regelzwecke, verstärkt werden müssen[4])[6]).

Verfahren zur Fernsteuerung und Fernmeldung von Schaltern stehen in mannigfaltiger Ausführung zur Verfügung, ihre zweckmäßige Auswahl wird durch die Entfernung und die Art der Übertragung beeinflußt[7]). Die zur Steuerung und Überwachung dienenden Schaltwarten erfahren eine möglichst bequeme und übersichtliche Ausbildung[1])[8]). Auch die bereits früher beschriebenen Verfahren zur gleichzeitigen Steuerung einer großen Zahl im Netz verteilter Schalter, Tarifgeräte u. dgl. über das Starkstromnetz ohne Hilfsleitungen finden immer stärkere Aufmerksamkeit[9])[10]).

Mit der zunehmenden Verkupplung der Netze erhält die Frage der Frequenz- und Leistungsregelung zu ihrer theoretischen Beachtung auch zunehmende praktische Bedeutung. Die Erkenntnis, daß viele Aufgaben tariflicher oder betrieblicher Natur mit den mechanischen Drehzahlreglern der Kraftmaschinen allein nicht bewältigt werden können, sondern den Einsatz zusätzlicher elektrischer Regler, und zwar zweckmäßigerweise für verbundene Leistungs- und Frequenzregelung erfordern, verbreitet sich immer mehr, auch im Ausland[11])[12])[13])[14]).

Die Schaffung der Übertragungskanäle für Fernwirkzwecke geschieht mit den bekannten früher beschriebenen Verfahren in enger Anlehnung an die auch sonst für Nachrichtenübertragung im Elektrizitätswerksbetrieb verwendeten, neuerdings noch verbesserten Verfahren. Die ursprünglich für die Fernsprechverständigung der Werke untereinander entwickelte, unter dem Namen EW-Telephonie bekannte und weitverbreitete leitungsgerichtete Hochfrequenzübertragung leidet in großen Netzverbänden an starkem Wellenmangel. Dies zwingt zu neuen Wegen, um in den zur Verfügung stehenden Wellenbereichen die gewünschten Übertragungen in möglichst großer Zahl unterzubringen. Die schon in der Trägerstromtechnik auf Fernmeldeleitungen bekannte Übertragung nur eines Seitenbandes statt der Trägerfrequenz mit ihren beiden Seitenbändern ist im Begriff, auch hier Eingang zu finden, da sie nur etwa die Hälfte der Wellenbandbreite benötigt. Die im Vorjahr beschriebenen und schon mehrfach bewährten Hochfrequenz-Zwischenverstärker wirken wegen der Vergrößerung der Reichweite der einzelnen Weitverbindung ebenfalls wellensparend[15]). Sie ergeben neue Verbindungs- und Einsatzmöglichkeiten, indem ein im Zuge einer Verbindung liegender Zwischenverstärker auf den zu verstärkenden Träger ebenfalls eine Modulation aufbringen kann. Der Zwischenverstärker tritt dann an die Stelle einer vollberechtigten Telephoniestation und erlaubt zusätzlich das Eintreten in ein bestehendes Gespräch und die Herstellung eines Konferenzgesprächs für alle im Linienverkehr beteiligten Stationen. Diese Zwischenmodulation des Trägers läßt in Verbindung mit einer Schaltung zur Unterdrückung der sogenannten Kombinationsfrequenzen auch zu, daß zusätzlich zu den von der Außenstation ausgehenden Kanälen für Fernwirkübertragungen von der Zwischenstation aus neue Kanäle auf demselben Träger hinzugefügt werden, für die ein gemeinsamer Empfänger vorhanden ist. Während bisher auf einer Trägerwelle mit einem Sender mehrere im Netz verteilte Empfänger betrieben werden konnten, löst die genannte Anordnung in geeigneten Fällen die häufig vorliegende umgekehrte Aufgabe.

[1]) W. Ventzke, ETZ 59 (1938) S. 1207.
[2]) ETZ 59 (1938) S. 1299.
[3]) ETZ 59 (1938) S. 1364.
[4]) J. Sorge, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 111.
[5]) H. Dallmann, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 114.
[6]) M. Schleicher und W. Thal, ETZ 60 (1939) H. 9, S. 257.
[7]) W. Ventzke, ETZ 59 (1938) S. 1253, 1292.
[8]) G. Appel, ETZ 59 (1938) S. 341.
[9]) ETZ 59 (1938) S. 240.
[10]) F. Krautwig, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 147.

[11]) ETZ 59 (1938) S. 289.
[12]) P. Jacottet, ETZ 59 (1938) S. 289.
[13]) ETZ 59 (1938) S. 319.
[14]) H. Wierer, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 164.
[15]) ETZ 59 (1938) S. 948.

Leitungsbau.

DK 621.315.1/.2

1. Freileitungen.

Die in den Berichten der letzten Jahre gezeigte Entwicklung im Freileitungsbau wurde im Berichtsjahr weiter verfolgt. Diese Entwicklung gilt der Erreichung höchster Sicherheit der Fernübertragung und steht gleichzeitig im Zeichen der Baustoffersparnis. Die auch im Berichtsjahr herrschende rege Bautätigkeit bot Gelegenheit für die Anwendung der in den letzten Jahren entwickelten und bereits bewährten Bauweisen. Besonders für große Fernübertragungen wurden vorwiegend Stahlaluminiumseile verwendet, deren Stahlanteile den jeweiligen Anforderungen, seien es klimatische oder andere, angepaßt wurden. Bei einer besonders wichtigen Freileitung wurde den auf einem Teil der Leitung zu erwartenden außerordentlich großen Eislasten durch Verwendung von Stahlaldreyseilen Rechnung getragen. Diese Seile sind im übrigen ebenso aufgebaut wie die genormten Stahlaluminiumseile. Sie zeichnen sich durch hohe Dauerzugfestigkeit und hohe Zerreißfestigkeit aus. Auch das in schwingungsgefährdeten Gegenden bereits bewährte schwingungsdämpfende Stahlaluminiumseil[1]) wurde im Berichtsjahr bei einer Anzahl von Freileitungen eingebaut.

Im Berichtsjahr angestellte rechnerische Untersuchungen ergaben, daß die Windbelastungsannahmen für Maste und Leitungen nach den VDE-Vorschriften für den Bau von Starkstromfreileitungen[2]) auch unter Berücksichtigung der neuesten Erkenntnisse der Windforschung ausreichend sind. Dieses Ergebnis stimmt auch mit den bei Freileitungen bezüglich der Windbelastung gemachten Erfahrungen überein. Dem Schutze der Freileitungen gegen Gewitterstörungen wurde besondere Aufmerksamkeit geschenkt durch sorgfältige Erdung der Maste und Berücksichtigung der neuesten Gesichtspunkte bei der Anordnung der Erdseile in bezug auf die stromführenden Leitungen[3]).

1) ETZ 57 (1936) S. 1393.
2) Vorschriftenbuch des VDE. VDE 0210/X.38.
3) ETZ 57 (1936) S. 1378.

Die Erkenntnis hat sich auch durchgesetzt, daß zur Erreichung der erforderlichen Betriebssicherheit eine einwandfreie Verzinkung der Stahlerdseile und der Kerndrähte der Stahlaluminiumseile unbedingt erforderlich ist und nur die beste Verzinkung der Drähte auch die Forderung der Baustoffersparnis erfüllt. Die Verzinkung kann als einwandfrei angesehen werden, wenn die Drähte die Prüfung nach den obengenannten VDE-Vorschriften bestehen.

2. Kabel und Leitungen.

Mit der zunehmenden Nachfrage nach Kabeln aller Spannungen steigerte sich naturgemäß auch das Interesse für Höchstspannungskabel. Abgesehen von neuen wissenschaftlichen Untersuchungen über das Verhalten der Papierisolation bei hohen Feldstärken und Temperaturen[4]) liegen auch Veröffentlichungen vor über bemerkenswerte Hochspannungskabelanlagen[5]). Als Verbindungsleitung zwischen den Städten Rotterdam—Haag wurde von einer deutschen Firma über eine Strecke von 20 km ein Ölkabelsystem für 150 kV zur Übertragung einer Dauerlast von 100 000 kVA installiert. Es handelt sich um vier Einleiterkabel von 240 mm² Leiterquerschnitt und 18 mm Isolationsdicke[6]).

Für Installationsleitungen sind verschiedene Versuche und Vorschläge gemacht worden, Umstellungen auf Heimstoffe durchzuführen. Jedoch scheint es sich hier um Übergangslösungen zu handeln, die in Kürze durch Verwendung von Buna statt Naturkautschuk verdrängt werden dürften. Für Dynamodrähte wurde Zellwolle statt Baumwolle mit Erfolg angewandt, während Azetatseide und Triazetatseide ebenso wie Folien aus Vinylchlorid für Sonderzwecke erfolgreich verwendet werden.

4) K. S. Wyatt, Electr. Engng. 57 (1938) S. 141. — W. Vogel und K. Schmitt, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 21. — U. Meyer u. K. Baumgart, Elektrotechniek (1938) Nr. 13.
5) G. J. T. Bakker, ETZ 60 (1939) H. 18, S. 209.
6) E. Kirch, ETZ 60 (1939) H. 10, S. 303.

Hochspannungstechnik.

DK 621.3.027.3

Entsprechend der ständig weiter wachsenden Bedeutung der elektrischen Energieversorgung wurde allen Fragen, die mit der Vermeidung von Störungen oder ihrer möglichst schnellen Beseitigung zusammenhängen, größte Aufmerksamkeit geschenkt. Hier spielt zunächst die Gewitterforschung eine wichtige Rolle. Die durch Stahlstäbchenmessungen gewonnenen Erkenntnisse über die auftretenden Stromstärken (im allgemeinen bis rd. 60, selten 100, ganz selten 200 kA) können wohl als gesichert gelten; über den Vorgang des Blitzschlages selbst geben photographische Aufnahmen mit rotierender Kamera[1]) in steigendem Umfange Einblick. Erneut taucht die Frage der „Gewitternester" zusammen mit der Wünschelrute auf. Letztere soll sich bewährt haben[2]).

1) ETZ 59 (1938) S. 293, 1047, 1217; 60 (1939) H. 11, S. 341.
2) ETZ 59 (1938) S. 1397.

Bemerkenswert erscheint, daß Versuche mit „langen Funken" recht weitgehende Übereinstimmung des Entstehungsvorganges mit dem des Blitzes, den man ja als extrem langen Funken auffassen kann, ergeben haben[3]).

Die Wichtigkeit guter Erdung hat zu einer Reihe von Arbeiten[4]) über dieses Gebiet Veranlassung gegeben; die Nützlichkeit richtig angebrachter Erdseile bei Freileitungen kann als endgültig erwiesen gelten. Eine Arbeit[5]) zeigt nur allzu deutlich, welch böse Folgen mangelhafte Erdungen haben können. Die neuzeitlichen Überspannungsableiter haben sich gut bewährt. Sie wurden weiter untersucht und verbessert[6]).

3) ETZ 60 (1939) H. 12, S. 373.
4) ETZ 59 (1938) S. 43, 45, 185, 1263, 1387.
5) ETZ 60 (1939) H. 6, S. 153.
6) ETZ 59 (1938) S. 201, 1217.

Neu hinzugekommen ist der verhältnismäßig billige Ableiter mit Ausblasfunkenstrecke[7]). Auch er hat sich in geeigneten Fällen gut bewährt. Man wird die Entwicklung abwarten müssen; heute kann man sagen, daß der alte Gedanke, ein elektrisches „Sicherheitsventil" zu schaffen, zwar früher zu bösen Fehlkonstruktionen geführt hat, daß aber nunmehr technisch einwandfreie Apparate vorhanden sind. Die wirtschaftliche Frage bildet ein besonderes und schwieriges Problem, da ja das Gewitter keine wirtschaftlichen Rücksichten kennt.

Die Stoßprüfanlagen wurden erheblich verbessert und zu wichtigen Untersuchungen benutzt[8]). Es stehen heute einerseits fahrbare Anlagen für 4 Mill V mit normgerechter Spannungskurve[9]), anderseits solche für Ströme von mehreren hundert kA, also Stromstärken, wie sie der natürliche Blitz nicht oder nur sehr selten erreicht, zur Verfügung[10]). Für sehr hohe Gleichspannungen kamen neben Gleichrichterapparaten elektrostatische Generatoren in größerem Umfang zur Anwendung[11]). Mit der Frage nach den Vorgängen beim Durchschlag befaßt sich wiederum eine Reihe von Arbeiten[12]), jedoch ist hier bis zur völligen Klärung noch ein weiter Weg zurückzulegen.

Die Entwicklung des Kathodenstrahloszillographen ist weiter fortgeschritten, insbesondere konnten durchkonstruierte technische Geräte entwickelt werden[13]). Auch die abgeschmolzene Braunsche Röhre ist sehr leistungsfähig geworden, so daß es z. B. möglich war, mit ihrer Hilfe die genormte Stoßwelle aufzunehmen[14]).

Sehr gründlich ist die Kugelfunkenstrecke[15]) untersucht worden, und zwar sowohl mit technischer Wechsel- wie auch Stoßspannung und Hochfrequenz. Erfreulicherweise stimmen die zahlreichen Messungen international sehr gut überein, so daß man damit rechnen kann, daß die neuen Eichtafeln recht genaue Messungen möglich machen. Im Zusammenhang damit konnte der Entwurf[16]) für die neuen „Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke" fertiggestellt werden.

7) ETZ 59 (1938) S. 1073; 60 (1939) H. 9, S. 268.
8) ETZ 59 (1938) S. 375, 437, 567, 835, 315, 366, 597, 992, 1163; 60 (1939) H. 4, S. 107.
9) ETZ 59 (1938) S. 1205 und 1234.
10) ETZ 60 (1939) H. 4 u. 5, S. 89 und 128.
11) ETZ 59 (1938) S. 1039, 1236; 60 (1939) H. 3 u. 6, S. 78, 174.
12) ETZ 59 (1938) S. 597, 646, 1100, 1155, 1163, 1176, 1356; 60 (1939) H. 3 u. 8, S. 81, 231.
13) ETZ 59 (1938) S. 1035.
14) ETZ 59 (1938) S. 1061.
15) ETZ 59 (1938) S. 1029, 1064; 60 (1939) H. 4, S. 97, dort auch weiteres Schrifttum.
16) ETZ 60 (1939) H. 4, S. 99.

Isolierstoffe.

DK 621.315.6

Das wesentliche Merkmal der Isolierstoffentwicklung in den letzten Jahren, die Verflechtung nicht nur mit der allgemeinen elektrotechnischen, sondern der Werkstoffkunde überhaupt, kennzeichnet auch die Neuerungen des vergangenen Jahres. Besonders die Aufgaben der Austauschwirtschaft haben veranlaßt, daß Stoffe, die früher fast nur wegen ihrer Isoliereigenschaften und daher nur in der Elektrotechnik wichtig waren, in viele andere Bereiche der Technik eingedrungen sind, und daß umgekehrt die Anforderungen, die dort gestellt werden, auch für den elektrotechnischen Gebrauch sich auswirkten.

Bei den anorganischen Isolierstoffen hat die Bedeutung des Glases zugenommen, sowohl als Austauschwerkstoff für Metall als auch für die Isolierung bei erhöhter Wärmebeanspruchung[1]). Die Herstellung alkalifreier Glasgespinste mit günstigen Temperaturkoeffizienten des Widerstands ist als Fortschritt zu nennen. Das als Preßstoff Typ Y bekannte Boratglas mit Glimmer konnte bleifrei erzeugt werden. Die Hochfrequenzisolierstoffe der Keramik kamen in neuen Formen namentlich als Durchführungen für hohe Spannungen heraus. Der Langstabisolator[2]) setzt sich für Hochspannnungsleitungen trotz seiner beträchtlichen Ansprüche an die Ausgeglichenheit der Herstellung durch. Keramische Heizkörper dringen auch in nichtelektrischen Anlagen vor. In wissenschaftlicher Beziehung wurde die Konstitutionsforschung über keramische Stoffe[2]) vorangetrieben, auch der Hochfrequenzeinfluß bei dynamischen Biegebeanspruchungen[3]) wurde behandelt.

Besonders mannigfaltig sind die Veränderungen bei den organischen Isolierstoffen. In dem Melaminharz „Ultrapas"[4]) liegt ein dem Typ K ähnlicher Kunststoff vor, der durch erhöhte Wärmebeständigkeit aussichtsreich scheint. Bei den Kondensatoren mit Kunststoffolien wurden Styroflexkondensatoren mit negativen Temperaturkoeffizienten, kleinem Verlust und hoher Konstanz des Kapazitätswerts hergestellt, so daß ähnliche Wirkungen erzielt werden können, wie sie bei keramischen Dielektriken bereits vor einigen Jahren gelangen. Die Anwendung der Kunststoffe im Lagerbau erstreckte sich mit Erfolg auch auf elektrische Maschinen[5]). Für die Ummantelung von Leitungen wurde in zunehmendem Maße Buna[6]) gebraucht. Bei den gleichfalls benutzten nicht vulkanisierbaren Vinylabkömmlingen macht noch der „kalte Fluß"[7]) zu schaffen. Heizkabel aus synthetischem Kautschuk erwiesen sich solchen aus natürlichem überlegen. Buna-Latices[8]) wurden hergestellt, auch latexähnliche Emulsionen aus nicht vulkanisierbaren Polymerisaten[8a]). Für Naturkautschuk wurde ein neues Vulkanisationskurzverfahren bekannt, bei dem in Dampf von 198° in Bruchteilen einer Minute die Vulkanisation durchgeführt werden kann[9]). Im Bereich der Kunstharzleime[10]) wurden Fortschritte erzielt, ebenso bei den Isolierlacken[11]), z. B. wurden keimtötende Lacke für elektrische Molkereileitungen[12]) entwickelt.

Viel Arbeit wurde wieder in Prüfung, Normung und reiner Forschung geleistet. Die Leitsätze für Hartpapier und Hartgewebe, VDE 0318[13]), erschienen neu.

1) ETZ 59 (1938) S. 1081; Elektrotechn. Ber. 7 (1938) S. 244.
2) Büssem, Schusterius u. Stuckhardt, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 17 (1938) S. 59.
3) H. Ziegler, ETZ 60 (1939) H. 12, S. 353; ETZ 59 (1938) S. 234; ETZ 60 (1939) H. 9, S. 278; W. Schmidt, Diss. Jena 1937; ETZ 59 (1938) S. 727.
4) Kunststofftechnik 9 (1939) S. 95.
5) W. Ellrich, Elektrizitätswirtsch. 37 (1938) S. 133.
6) P. Nowak, ETZ 59 (1938) S. 174; Pfestorf u. Hetzel, Elektrizitätswirtsch. 37 (1938) S. 334.
7) H. Beck, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 120; Viehmann, Elektrizitätswirtsch. 38 (1939) S. 203.
8) Kautschuk 13 (1937) S. 174.
8a) C. Craemer, Kautschuk 15 (1939) S. 23.
9) India Rubber Wld. 96 (1937) S. 41.
10) Kunststoffe 28 (1938) S. 324.
11) ETZ 59 (1938) S. 941; zusammenfass. Darstellung bei M. Rasker: Isolierlacke, Leipzig 1938.
12) Z. VDI 83 (1939) S. 370.
13) ETZ 59 (1937) S. 437, 459; ETZ 59 (1938) S. 205.

ebenso DIN VDE 605 „Hartpapier“ und 606 „Hartgewebe“. Das Normblatt DIN 7701 kam in zweiter Ausgabe heraus, DIN 7703 (Lager) als Vornorm. Beim VDI erschienen für die Gestaltung von Kunstharzpreßteilen allgemeine Richtlinien, die auch für die Elektrotechnik bedeutungsvoll sind, ferner Richtlinien für die Gestaltung und Verwendung von Gleitlagern aus Kunstharzpreßstoff. Auch für Kunststoffpreßformen wurde die Normung[14]) empfohlen. Die bereits im Vorjahr erwähnte neue Typisierung wurde angewandt, ein Verzeichnis aller beteiligten Preßmassehersteller und Pressereien ist veröffentlicht[15]). Neue Messungen erstreckten sich auf das Fließvermögen[16]), die dielektrischen Eigenschaften[17]), Kälteprüfungen[18]), Schlagfestigkeit[19]), Wasserdurchlässigkeit[20]). Die Physik des organischen Isolators wurde zusammenfassend dargestellt[21]).

---

[14]) Turnwald: Das Normensystem im Preßformenbau, Frankfurt 1938.

[15]) ETZ 60 (1939) H. 12, S. 377.

[16]) Rupprecht, Kunststoffe 28 (1938) S. 173; R. Houwink u. N. Heinze, Kunststoffe 28 (1938) S. 283.

[17]) Pfestorf u. Netzel, ETZ 59 (1938) S. 875; dieselben, Kunststoffe 28 (1938) S. 144; Böning, Z. techn. Phys. 19 (1938) S. 241.

[18]) Kunststoffe 28 (1938) S. 171; ETZ 59 (1938) S. 1302.

[19]) Kuntze u. Nitsche, Kunststoffe 29 (1939) S. 33.

[20]) Schröder, Kunststoffe 29 (1939) S. 44.

[21]) F. H. Müller, ETZ 59 (1938) S. 1155; Ergebn. exakt. Naturw. 17 (1938) S. 164.

Elektrische Bahnen.

DK 621.33 : 625.1/.2

Die Gesamtbetriebslänge des elektrischen Streckennetzes der Deutschen Reichsbahn betrug am Jahresende 1938 3273 km. Einen starken Zuwachs brachte mit 915 km im Laufe des Jahres die Übernahme der elektrischen Strecken der früheren Österreichischen Bundesbahnen. In der angegebenen Gesamtlänge sind auch die am 1. 8. 1938 von der DR übernommenen Strecken der Lokalbahn AG. München mit 61 km enthalten. Der Verbrauch an elektrischer Energie betrug im Jahre 1938 rd. 1,1 Mrd kWh, die zu 49 % aus Wasserkraft, 23 % aus Braunkohle, 7 % aus geringwertiger Steinkohle und nur 21 % aus hochwertiger Steinkohle erzeugt worden sind.

Die Arbeiten zur Umstellung der Strecke Nürnberg – Halle/Leipzig gingen im großen und ganzen gut voran. Die Arbeiten sind so weit gediehen, daß auf dem südlichen Teil der Strecke zwischen Nürnberg und Saalfeld am 15. 5. 1939 der elektrische Betrieb aufgenommen werden konnte. Der Restteil der Strecke bis Halle/Leipzig wird ein Jahr später in Betrieb genommen werden können. Gleichlaufend mit diesen Arbeiten ging die Errichtung der Einphasenstrom-Fernleitung, die das süddeutsche Fernleitungsnetz mit dem mitteldeutschen verbindet, so weit voran, daß sie im Frühjahr bis zum letzten Unterwerk vor Saalfeld unter Spannung gesetzt werden konnte. Der Bau eines neuen Stützpunktes in der Stromversorgung bei Nürnberg ist so weit fortgeschritten, daß er zum gleichen Zeitpunkt betriebsbereit war. Der von den Österreichischen Bundesbahnen 1937 in Angriff genommene 70 km lange zweigleisige Ausbau der Strecke Salzburg – Attnang-Puchheim wurde von der DR weitergeführt. Fahrleitung und Unterwerk zur Speisung der Strecke stehen vor der Vollendung. Im Rahmen der durch die Elektrisierung Nürnberg – Halle/Leipzig bedingten Erweiterung des Bahnkraftwerkes Muldenstein sind dort im verflossenen Jahre einige neue Steilrohrkessel und zwei neue Turbosätze für den Hausstrombedarf erstellt worden. Mit der Aufstellung eines neuen Bahnmaschinensatzes wurde begonnen. Da das mitteldeutsche Bahnstrom-Fernleitungsnetz mit 60 kV betrieben wird, wurde die Errichtung einer Kuppelstelle mit 100/60 kV notwendig. Die Bauarbeiten sind in vollem Gange.

Der Anschluß der Strecken der Ostmark an die des Altreiches ließ auch die Verbindung der beiden Fernleitungsnetze zweckmäßig erscheinen. So wird z. Z. an dem Bau einer Verbindungsleitung für 100 kV gearbeitet. Da die früheren Österreichischen Bundesbahnen ihr Fernleitungsnetz mit nur 55 kV betrieben, ist die Errichtung einer Kuppelstelle 100/55 kV nötig. Die neuen und neu zu bauenden Unterwerke sollen, ebenso wie im Altreich, mit 100 kV betrieben werden. Die in das Bahnnetz der Ostmark speisenden Energiequellen werden, soweit möglich und erforderlich, in ihrer Leistung vergrößert. So wird der Bau der Stufe II des Reichsbahn-Stubachwerkes stark gefördert.

Der Versuchsbetrieb des elastischen Umrichters 50/16⅔ Hz in Pforzheim wurde weitergeführt. Der Umrichter arbeitet z. Z. mit seiner vollen Leistung von 4000 kVA auf das süddeutsche Bahnnetz.

Unmittelbar nach dem Anschluß der Ostmark wurden umfangreiche Planungsarbeiten für die gesamte Bahnstromversorgung des süddeutschen Raumes einschließlich Ostmark in die Wege geleitet. In diesem Zusammenhang beschloß der Reichsverkehrsminister die Einrichtung einer elektrischen Oberbetriebsleitung und ihr unterstellter elektrischer Betriebsleitungen. Diese haben die Aufgabe, die Energiequellen des elektrischen Zugbetriebes wirtschaftlich auszunutzen und die Energie der jeweiligen Betriebslage entsprechend zu verteilen.

Die beiden von der DR betriebenen Stadtbahnen in Berlin und Hamburg wurden weiter ausgebaut und der Betrieb verbessert. Zur Verkürzung der Fahrzeiten und zur Einsparung von Energie wird die Spannung an der Stromschiene der Berliner Stadtbahn von 800 auf 900 V erhöht. Der Bau der Nord-Süd-S-Bahn und der Bahnhöfe geht gut voran. Mit der Umstellung einiger weiterer Vorortstrecken auf elektrischen Betrieb wurde begonnen. Die Änderung des Stromsystems bei der Hamburger Stadt- und Vorortbahn (von Wechselstrom auf Gleichstrom) ist in vollem Gange. Einige Gleichrichterwerke sind im Rohbau bereits fertiggestellt. Im Zuge der Umstellung wurden auch größere Änderungsarbeiten am Bahnkörper und an einzelnen Bahnhöfen ausgeführt. In den elektrischen Betrieb dürfte auch die 9 km lange Anschlußstrecke Blankenese – Wedel einbezogen werden.

Die Planungen und Entwürfe für die Münchener S-Bahn sind in voller Arbeit. Die Bahn soll, da die Triebfahrzeuge auch auf die Vorortstrecken übergehen sollen, mit Wechselstrom der normalen Spannung und Frequenz betrieben werden. Mit der Entwicklung der Triebzüge wurde begonnen.

Im Jahre 1938 wurden in Dienst gestellt: 24 elektrische Lokomotiven, 52 Triebzugeinheiten für die Berliner S-Bahn und 7 Steuerwagen für den Stuttgarter Nahverkehr. In Auftrag gegeben wurden: 122 Lokomotiven — 17 davon werden von der Elektroindustrie der Ostmark

erbaut —, 32 Triebzugeinheiten (je ein Triebwagen und ein Steuerwagen) für die Berliner S-Bahn und 45 Triebzugeinheiten (je zwei Triebwagen und ein Steuerwagen) für die Hamburger S-Bahn. Am 15. 12. 1938 wurde im Rahmen einer Feier bei der AEG die erste Lokomotive der Reihe E 19 für 180 km Höchstgeschwindigkeit und einer Spitzenleistung von 8000 PS von Staatssekretär Kleinmann in den Fahrzeugpark der DR übernommen. Diese Lokomotive soll der Beförderung schwerster Schnellzüge bei sehr hohen Geschwindigkeiten dienen.

Zur Schonung der Radreifen und Bremsklötze beim Bremsen während längerer Fahrt im Gefälle hat man in letzter Zeit der Entwicklung der elektrischen Widerstandsbremse besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Sämtliche Lokomotiven der Reihe E 94 (Achsanordnung Co'Co', Höchstgeschwindigkeit 90 km/h) werden mit diesem Bremssystem ausgerüstet. Auch eine Anzahl Lokomotiven der Reihe E 44 (Bo'Bo'), die für den Betrieb in der Ostmark bestimmt sind, erhalten eine elektrische Widerstandsbremse.

Die freizügige Verwendbarkeit der Lokomotiven des Altreiches auf den Strecken der Ostmark und der früheren österreichischen Lokomotiven auf den Strecken des Altreiches bedingte die Entwicklung eines neuen Stromabnehmers, da die Fahrleitungsanlagen einige Verschiedenheiten aufweisen. Im Laufe des verflossenen Jahres wurden mit dieser neuen Stromabnehmerbauart eine Anzahl Versuchsfahrten durchgeführt.

Das elektrotechnische Versuchsamt der DR in München führte auch im Jahre 1938 seine Arbeiten erfolgreich weiter. Zahlreiche Lokomotivmeßfahrten brachten wertvolle Ergebnisse. Sie haben mit zu der Erkenntnis geführt, daß die DR in den Lokomotiven der Reihen E 18, E 44 und E 93 (94) Triebfahrzeuge besitzt, die allen Bedürfnissen des Betriebes vollauf genügen. Es wurden ferner zahlreiche Versuche und Messungen in ortsfesten Anlagen vorgenommen; Funkstörmeßfahrten in Süd- und Mitteldeutschland dienten der Erforschung von Funkstörquellen. Besonders zu erwähnen sind die Versuche mit Heimstoffen. Es wurden u. a. Magnesium, Glasgespinst sowie ozonenfeste Kunststoffe auf ihre Verwendbarkeit besonders untersucht. Die Ergebnisse berechtigen zu der Hoffnung, daß diese Stoffe für elektrotechnische Anlagen der DR besondere Bedeutung erlangen werden.

Gleislose Fahrzeuge.

DK 621.335.43–831.1 + 621.335.5

1. Oberleitungsomnibus.

Von den im Vorjahre bereits in Bau befindlichen Obuslinien[1]) sind im Jahre 1938 die Obusanlagen Leipzig mit fünf Fahrzeugen für eine Obusstrecke von 3,7 km und Zwickau mit zwei Fahrzeugen und einer Streckenlänge von 14 km in Betrieb genommen worden; damit ergab sich zu Ende 1938 insgesamt in Deutschland eine Obus-Betriebsstreckenlänge (ohne Zufahrtsstrecken) von 68 km und eine Gesamtzahl von 34 in Betrieb befindlichen Obusfahrzeugen (Abb. 1). Bei den fünf Leipziger Fahrzeugen handelt es sich um zweiachsige Eindeck-Vierradobusse mit je 33 Sitz- und 17 Stehplätzen. Vier Obusse davon sind für Schützensteuerung mit Einhubbetätigung des Fahrschalterhebels eingerichtet. Als Antriebe werden zwei schnellaufende (1500 U/min) Gleichstrom-Reihenschlußmotoren von je 50 kW Stundenleistung verwendet.

Abb. 1. Entwicklung der Obusanlagen in Deutschland.

1) ETZ 59 (1938) S. 529.

Die beiden Motoranker sind dabei auf einer Achse angeordnet und laufen in gemeinsamem Gehäuse (Tandemanordnung). Das fünfte Fahrzeug besitzt unmittelbare Fahrschaltersteuerung für Zweihubfußbetätigung und einen Doppelkollektormotor von 2 × 45 kW Stundenleistung bei 1500 U/min. Die Motoren sind bei allen fünf Wagen in der Mitte des Fahrgestells parallel zur Wagenlängsachse eingebaut und treiben über Kardanwelle und Kegelradgetriebe mit einer Gesamtuntersetzung von 10,7 : 1 die Hinterachse an. Die erreichbare Höchstgeschwindigkeit beträgt etwa 55 km/h. Die Stromabnahme erfolgt durch zwei voneinander getrennt bewegliche Stromabnehmerstangen (Zweistangensystem).

Für die beiden Zwickauer Obusse (zweiachsige Eindeck-Vierradobusse mit 31 Sitz- und 20 Stehplätzen) ist ein 85 kW-Reihenschluß-Doppelkollektormotor für 1600 U/min gewählt worden, der mit einem für Zweihubbetätigung eingerichteten, fußbedienten Starkstrom-Feinstuffahrschalter für Reihenparallelschaltung der beiden Motorwicklungen gesteuert wird. Die Anfahrwiderstände (insgesamt 320 Stufen) sind als Schiebewiderstände ausgebildet und unmittelbar mit dem Fahrfußhebel gekuppelt. Die gesamte Steuerung einschließlich der Widerstände ist im vorderen Wagenteil zu einer einzigen übersichtlichen Einheit zusammengebaut, wodurch günstige Platzverhältnisse erzielt wurden. Die Fahrzeuge besitzen Einstangenstromabnehmer, deren Gleitschuhe Kohleeinsätze tragen, so daß das Schmieren der Fahrleitung entfällt. Der Stangendruck beträgt 12 kg, der Anpreßdruck je Schleifschuh 6 kg, womit Geschwindigkeiten bis zu 75 km/h erreichbar sind. Die Kohleeinsätze erreichen Laufleistungen von über 2000 km. Die Fahrleitungsspur beträgt 200 mm.

Neben den in Betrieb befindlichen Obusanlagen befanden sich am 31. 12. 1938 69 Fahrzeuge und 67,5 km Obusstrecke in Bau und Bestellung (Zahlentafel 1).

Das bedeutet allein im Jahre 1938 eine in Angriff genommene Erweiterung der zu Beginn des Jahres bestehenden Gesamtobusstrecke um 100 % und der in Be-

Zahlentafel 1. In Bau und Bestellung befindliche Obusanlagen. Stand Ende Dezember 1938.

Ort der Anlage	Länge der Betriebsstrecke km	Fahrzeuge			Motor	
		Gesamtzahl	Bauart	Sitz- + Stehplätze	Bauart	Zahl mal kW Stundenleistung
Pirmasens	5,3	3	4-Rad	20+16	Doppelkollektor	1×60
Allenstein	11,1	6	4-Rad	28+17	Doppelkollektor	1×60
Trier	5,0	5	4-Rad	28+17	Doppelkollektor	1×60
Berlin	5,8	12	6-Rad	36+30	Doppelkollektor	2×42
Insterburg (Erweiterung)	5,8	3	4-Rad	28+17	Doppelkollektor	1×60
Gera	4,5	2	4-Rad	28+17	Doppelkollektor	1×85
Flensburg	3,5	5	4-Rad	28+17	Doppelkollektor	1×85
Gießen	8	10	4-Rad	45	Doppelkollektor	1×85
Graz	4,5	6	4-Rad	28+17	Doppelkollektor	1×60
Dortmund	9	12	4-Rad	60	Doppelkollektor	1×90
Eberswalde	5,0	5	4-Rad	28+17	Doppelkollektor	1×60
zusammen	67,5	69				

trieb befindlichen Obusfahrzeuge um 200 %. Bei den in Auftrag gegebenen Obussen haben die vom Technischen Obusausschuß des Verbandes Deutscher Kraftverkehrsgesellschaften zusammen mit der beteiligten Industrie festgelegten Richtlinien zur Vereinheitlichung der Obusfahrzeuge weitgehend Beachtung gefunden. Dabei ist die angestrebte Reihenfertigung im Obusbau mit dem Zwecke der Kostensenkung gegenüber Einzelherstellung bereits verwirklicht worden.

Abschließend sei bemerkt, daß die lebhafte Entwicklung der Obusplanung, wie sie auch das Jahr 1939 bereits zeigt, erkennen läßt, daß dem Obus ein stark anwachsender Anteil an den Nahverkehrsmitteln zufallen wird.

2. Gleislose Akkumulatorenfahrzeuge.

Trotz der erhöhten Inlandserzeugung flüssiger Triebstoffe steigerte sich auch im Berichtsjahr wiederum der Jahresbedarf an gleislosen Akkumulatorenfahrzeugen. Die wirtschaftliche Überlegenheit dieser Fahrzeuge im Werk- und Nahverkehr, die heute allgemein anerkannt ist, sowie die sonstigen Vorteile haben nach wie vor die interessierten Kreise zu einer noch stärkeren Verwendung veranlaßt.

Auf dem Gebiete der Elektrolastwagen sind bemerkenswerte technische Neuerungen nicht in Erscheinung getreten. Die Hersteller befassen sich z. Z. mit der Typenbereinigung und Verminderung, wobei die im Berichtsjahr abgeschlossenen Normen über „Einheitsbatterien" sowie über die „Lage und Bewegung der Bedienungshebel" wertvolle Dienste leisten. In der äußeren Formgebung und im Fahrgestellbau werden zwei Richtungen vertreten: 1. Fahrzeuge mit vorderer Haube, ähnlich wie beim Verbrennungskraftwagen, bei welchen auch Fahrgestelle aus dem Lastkraftwagenbau Verwendung finden. 2. Haubenlose Fahrzeuge, welche rein äußerlich und im Fahrgestell den Charakter des einfachen elektrischen Wagens wahren.

Aus den serienmäßigen Fahrzeugen bis zu 5 t Nutzlast werden auf Wunsch durch Verkürzung des Achsstandes Elektroschlepper bis zu 20 t Anhängelast hergestellt, bei welchen teilweise synchronisierte Berggetriebe Verwendung finden. Hierdurch wird bei höheren Zugkräften, insbesondere auch bei Steigungsfahrten, eine Schonung der Batterie durch Herabsetzen des Entladungsstromes erreicht. Für den Kommunalbetrieb, wo sich Elektrofahrzeuge von jeher bereits großer Beliebtheit erfreuen, ist ein neuartiger Elektromüllwagen mit motorhydraulischem, tiefliegendem Hinterkipper und gegabeltem Rahmen entwickelt worden. Dieses Fahrzeug besitzt den bewährten Einzelantrieb der Vorderräder.

Im Verfolg der Bestrebungen, Arbeitskräfte durch Maschinen zu ersetzen, hat der Elektrokarren im Förderwesen der Betriebe in steigendem Maße Anwendung gefunden.

Eine Typisierung nach drei Bauklassen für 1, 2 und 3 t Nutzlast ist in Angriff genommen worden, nachdem die entsprechenden Vorarbeiten in Form der Normalisierung der Batterietröge und vieler Einzelteile und Begriffe kurz vor dem Abschluß stehen. Die Typisierung erstreckt sich auf Elektrokarren mit fester Plattform, Elektrohub- und -stapelkarren. Bemerkenswert ist eine vor kurzem bekanntgewordene Neukonstruktion mit Doppel-Handhebellenkung und Einmotoren-Schneckenantrieb sowie neuartiger Schaltung durch Drehgriffe.

Die Weiterentwicklung der explosionsgeschützten Elektrokarren[1]), welche bisher vorzugsweise staubdicht gekapselt waren, hat in Zusammenarbeit mit dem Oberkommando des Heeres zu einer kombinierten Neukonstruktion geführt, deren Verwendung infolge der gleichzeitig druckfest ausgeführten Kapselung sowohl in staub- als auch gas- und dampfluftgefährdeten Betrieben möglich ist, Abb. 1. Die im Entwurf vorliegenden Vorschriften VDE 0171 konnten bei der Aufstellung entsprechender Richtlinien für den Bau explosionsgeschützter Elektrokarren voll berücksichtigt werden. Zum Teil sind derartige bereits ausgeführte Konstruktionen auch schon von der Chemisch-Technischen Reichsanstalt, Berlin, gutachtlich geprüft. Sie können danach mit einer entsprechenden Zulassung der zuständigen Berufsgenossenschaft in den vorerwähnten Betrieben arbeiten.

Abb. 1. Elektrokarren mit elektrisch betriebener Hubvorrichtung in explosionsgeschützter Ausführung. (Die geöffnete Schaltschranktür läßt die Kapselung der Schalteinrichtung, der Sicherungen und Anschlußeinrichtungen für das Aufladen der Batterie erkennen.)

Die Verwendung der Stahlbatterien machte erfreuliche Fortschritte; die bisher schwierige Unterbringung leistungsfähiger Stahlbatterien konnte behoben werden, indem bei der Normung der Batterietröge diese ent-

[1]) ETZ 60 (1939) H. 9, S. 299, H. 14, S. 417.

sprechend groß gewählt und den Elektrokarren der notwendige Raum für den Batterieeinbau zur Verfügung gestellt wurde.

Für die Ladung der Batterien — gleichgültig, ob an Gleich- oder Wechselstrom — wird heute fast ausnahmslos der Ladeschalter System Pöhler[2]) angewandt. Dieser gestattet eine vollautomatische Ladung ohne jegliches Überwachungspersonal. Der Quecksilberdampf- bzw. Glühkathoden-Gleichrichter — neuerdings auch in stärkerem Umfange der Trockengleichrichter — haben die rotierenden Umformer fast gänzlich verdrängt, insbesondere wenn es sich um Einzelladung von Batterien handelt. Lediglich in ganz großen Ladestellen wird es mit Rücksicht auf die Anlagekosten und die Wirtschaftlichkeit des Betriebes zu prüfen sein, welche Art der Gleichstromerzeugung die zweckmäßigste ist.

[2]) ETZ 47 (1926) S. 929.

Elektrizität in der Industrie.

DK 621.3 : 66/69

Die weiterhin gesteigerte Anwendung elektrischer Energie in der deutschen Industrie erforderte die Bereitstellung zahlreicher Maschinen und Geräte für die Durchführung der verschiedensten technologischen Vorgänge. Auch die erhöhte Stromabgabe an die gewerbliche Wirtschaft im vergangenen Jahre gibt ein Bild für die umfassende Anwendung der elektrischen Verbraucher sowie für die sich stets verbreiternde Basis der Verwendung des elektrischen Stromes. Neben der bewährten und seit langem anerkannten Anwendung des elektromotorischen Antriebes sind es vor allem auch elektrochemische sowie elektrothermische Arbeitsvorgänge, die sich weiter neue Gebiete erschließen. Aus allen Gebieten der Industrie wurden der Elektroindustrie mannigfaltige neue Aufgaben übertragen, die durch den Einsatz normaler oder besonders durchgebildeter Maschinen und Geräte gelöst werden.

Das Streben nach völliger Vereinigung von Arbeitsmaschine und Elektromotor führte zu einer Reihe von erfolgreichen Lösungen. Auf dem Gebiet der Werkzeugmaschinen, insbesondere der Sondermaschinen, die eine große Bedeutung auch für die deutsche Ausfuhr haben, sind im vergangenen Jahr hinsichtlich der Antriebstechnik bemerkenswerte Bauformen ausgeführt worden. Diesen Neuentwicklungen liegt vielfach der Gedanke zugrunde, den Arbeiter weitestgehend von körperlicher Arbeit bei der Bedienung zu entlasten, so daß er seine volle Aufmerksamkeit dem Bearbeitungsvorgang widmen kann. Für verschiedene Arbeitsvorgänge wurden Sondermaschinen durchgebildet, die durch angelernte Arbeiter und auch durch Frauen betriebssicher und ohne Gefährdung bedient werden können. Als Beispiel soll in diesem Zusammenhang eine Kurbelwellenzapfen-Drehbank, die in der Kraftwagenherstellung eingesetzt wird, kurz beschrieben werden (Abb. 1). Die Schaltung der Maschine ist so durchgebildet, daß der Arbeiter lediglich die Kurbelwelle in die Kulisse einzulegen hat. Die Bearbeitung des Zapfens erfolgt dann automatisch. Nach dem Fertigdrehen schaltet sich die Maschine selbsttätig ab, wobei die Kulisse durch eine elektrische Bremsvorrichtung stehenbleibt, und zwar in einer Lage, in der die Welle leicht und in kürzester Zeit herausgenommen werden kann.

Bei dem erhöhten Bedarf an Preßwerkzeugen in der deutschen Industrie, insbesondere in der Kraftwagenindustrie sowie vor allem auch bei der Erzeugung von Gütern aus deutschen Kunststoffen, konnte die Kopierfräsmaschine mit elektrischer Fühlersteuerung durch Anfertigung der Preßwerkzeuge nach Modell vielfach erfolgreich eingesetzt werden. Auch dieses Verfahren trägt dazu bei, die für solche Arbeiten benötigten hochwertigen Facharbeiter auf solchen Gebieten einzusetzen, die noch nicht maschinell durchgeführt werden können. Auch die Anwendung der elektrischen Fühlersteuerung bei einer großen Walzenprofildrehbank, auf der Profildreharbeiten nach einer Schablone hergestellt werden, ist ein Beispiel für diese Entwicklungsrichtung.

Der Leonard-Antrieb, der sich bei Hobelmaschinen infolge der günstigen Eigenschaften bei Umsteuerung und Drehzahlregelung bewährt hat, wird in ständig steigendem Maße bei den verschiedensten Werkzeugmaschinen, wie Schleifmaschinen, Drehbänken, Fräsmaschinen u. a., verwendet. Hervorzuheben sind Leonard-Ausrüstungen für große Karusselldrehbänke und Spitzendrehbänke mit Leistungen bis 300 kW.

Abb. 1. Kurbelwellenzapfen-Drehbank

Ein besonderes Aufgabengebiet erwächst der elektrischen Steuerung bei Werkzeugmaschinen, die betriebsmäßig häufig abgebremst werden müssen. Für diesen Zweck ist eine Reihe von Sonderschaltungen und -motoren durchgebildet worden, die sich in der Praxis bewährt haben, so die Gleichstrombremsung bei Drehstrommotoren, Gegenstrombremsung mit Bremsgeräten, ferner die Eigenbremsung der Motoren.

Besonders umfangreiche Aufgaben stellte auch im abgelaufenen Jahr die chemische Industrie, vor allem die Treibstoff-, Buna- und Stickstoffwerke. Die Einzelleistungen der Antriebe für die Kolbengasverdichter in diesen Werken erreichen Werte von 6200 kW bei 95 U/min. Die Entwicklung der chemischen Industrie und der Ausbau neuer Industrien, die explosible Stoffe in ihrem Her-

stellungsgang verwenden oder erzeugen, erforderten grundsätzlich geeignete Ausführungen von Maschinen und Geräten für explosionsgefährdete Betriebe[1]). Um Richtlinien für den Bau solcher explosionssicherer elektrischer Geräte zu erhalten, war es notwendig, die Explosionsvorgänge bei den technisch wichtigen explosiblen Stoffen zu erforschen und auf Grund der Ergebnisse allgemeingültige Vorschriften für die Ausführung explosionsgeschützter elektrischer Maschinen, Transformatoren und Geräte aufzustellen. Diese liegen für Gase und Dämpfe zur Zeit im Entwurf vor[2]). Das für explosionsgefährdete Betriebe durchgebildete Verteilungsmaterial kann ähnlich wie das gewöhnliche Verteilungsmaterial baukastenmäßig zusammengestellt werden.

Der Ausbau des deutschen Erzbergbaus erfordert den Bau von Hauptschacht-Fördermaschinen, die mit Nutzlasten bis zu 15 t je Zug und mit einer Geschwindigkeit von 20 m/s ausgeführt werden. Auch im Ausbau der deutschen Stein- und Braunkohlengruben machte die Elektrisierung weitere Fortschritte. Der hohe Beschäftigungsgrad der Eisenhüttenindustrie erforderte auch hier den Einsatz großer und größter Maschineneinheiten, zu deren Stromversorgung auch Stromrichter mit Erfolg zur Anwendung gelangten. Sehr hohe Zahlen von elektrischen Antrieben mittlerer und kleinerer Leistungseinheiten wurden auch in den verschiedenen Zweigen der Nahrungsmittelindustrie, im Speicherbau sowie in den der Herstellung von Zellstoff und Zellwolle dienenden Werken eingesetzt.

Das in der neuzeitlichen Antriebstechnik vorherrschende Bestreben, die Antriebe zwecks Steigerung und Verfeinerung der Fabrikation in kleinere Leistungseinheiten zu unterteilen, erforderte auch auf dem Gebiet der Schaltgeräte die betonte Weiterentwicklung der kleineren Bauformen mit den bewährten Vorzügen der größeren Geräte, wie leichte Bedienbarkeit, Schalthäufigkeit, Lebensdauer, Motorschutz, Kapselung und bauliche Anpassung an die Arbeitsmaschine. Für die meist baukastenmäßig durchgebildeten Verteilungssysteme waren entsprechend den neuentwickelten Kleinschaltgeräten kleinere Gehäuseeinheiten einzufügen, welche beim Zusammenbau zu Verteilungsanlagen entsprechend den niedrigeren Stromstärken kleinere Abmessungen und somit Raum- und Werkstoffeinsparungen ermöglichen.

Die wachsenden Kurzschlußleistungen in den Industrienetzen an den Einbaustellen von Selbstschaltern führten zur Durchbildung von Lichtbogenkammern, die den Unterbrechungslichtbogen auf möglichst kleinem Raum zum Erlöschen bringen. In der Konstruktion wurden hierbei ähnliche Wege beschritten wie bei der seit vielen Jahren bewährten Ausführung von Hochspannungsschaltgeräten. Neben diesen sorgfältig für den Einzelfall und für den besonderen Arbeitsvorgang geplanten und zum Teil neu durchgebildeten elektrischen Maschinen, Schaltgeräten und Anlagen seien aber auch noch Geräte wie Schweißmaschinen, Elektropumpen, Elektrolüfter, Elektrowerkzeuge erwähnt, die in bewährten und ständig weiterentwickelten Bauformen ihre Aufgaben in der Industrie erfüllen.

Der gesamte Einsatz der elektrischen Energie in der Industrie verfolgt das Ziel, durch technologisch richtige, betriebssichere und rationelle Arbeitsprozesse der Durchführung der heute gestellten großen Aufgaben zu dienen.

[1]) Vgl. ETZ 59 (1938) H. 42.
[2]) ETZ 59 (1938) S. 1137, Entwurf zu VDE 0171.

Industrielle Elektrowärme.

DK 621.365

Die Weiterentwicklung des Fachgebietes der industriellen Elektrowärme ist für das Berichtsjahr durch die allgemeine Forderung nach Leistungssteigerung gekennzeichnet. Diesem Gebot kommen die gegebenen technischen Vorteile der Elektrowärme in hohem Maße entgegen. Die gute Regelbarkeit erlaubt z. B., daß heute in betriebsmäßigen Öfen zum Warmbehandeln von hochgezüchteten Leichtmetallegierungen eine gleichmäßige Temperatur in den Grenzen von ± 2 ° C gehalten werden kann.

Gleichzeitig sind die Größen der Ofeneinheiten weiter gestiegen, nicht nur die der Elektrostahlöfen (60 t, 12 000 kVA), ebensosehr sind daran Reduktionsöfen der Hütten- und chemischen Industrie wie auch die Großöfen der Keramik[1]) beteiligt.

Besonders hervorheben muß man, daß bei aller mengenmäßigen Höchstleistung und daraus folgender Vollbeanspruchung der Elektrowärmeindustrie die Entwicklung des Neuen ebenso sichtbar fortschreitet. Mit der Einführung des Kohlestabes als Wärmequelle ist ein Hochtemperaturofen geschaffen worden, der bei reduzierender Ofenatmosphäre Schmelzen unter Schonung empfindlicher Legierungsbestandteile bei bequemer Handhabung ermöglicht. Die Kohlenoxydatmosphäre im Ofen bewirkt ein verhältnismäßig langsames Abbrennen der verwendeten Kohle- oder Graphitstäbe, trotzdem an ihnen Temperaturen von über 2000 ° C auftreten, und führt so zu einer betrieblich tragbaren Lebensdauer. Dreiphasenöfen dieser Bauart wurden bis zu einem Fassungsvermögen von 600 kg entwickelt[2]).

Ein neuartiges Vergasungsverfahren für Metalle im Lichtbogenofen, das „Solutierverfahren“[3]), erscheint von Bedeutung für die Herstellung von Farboxyden bestimmter Eigenschaften.

Die neuen Anlagen zur Kurbelwellenhärtung[2]) mittels Hochfrequenzerhitzung stehen durch ihre hohe Arbeitsgeschwindigkeit ebenso unter dem Gesichtspunkt erhöhter Leistung wie etwa die Intensivierung der Trocknung durch die Elektrowärme den erhöhten Leistungswillen der Industrie auch auf bisherigem Neuland kennzeichnet.

[1]) Meuche, ETZ 59 (1938) S. 1317.

[2]) Winkler, ETZ 60 (1939) H. 16, S. 479.
[3]) Elektrowärme 8 (1938) S. 233.

Lichttechnik.

DK 535.2 + .7 + 621.32 + 628.9

Leuchttechnik.

a) Lichterzeugung.

Sowohl auf dem Gebiete der Glühlampentechnik als auch auf dem der (Kohlen)-Bogenlampentechnik sind seit dem letzten Bericht[1]) kaum Arbeiten erschienen, die über wesentliche Fortschritte berichten. Es ist nur die modellmäßige Untersuchung der Strahlungseigenschaften von Wendeln und Zylindern[2]) zu erwähnen, wobei die der Wendeln für die Glühlampentechnik Bedeutung hat. Neuerdings wurde jedoch wieder versucht, einen stäbchenförmigen Leuchtkörper herzustellen; er besteht aus einem Wolframmantel, der auf einem nichtmetallischen Träger aufgebracht wird[3]). — Die außerordentliche Entwicklung der Gasentladungslampen erfordert immer mehr auch die Kenntnis über die physikalischen Grundlagen der Gasentladung[4]). So interessiert die Strahlung besonders der Quecksilberhochdrucklampe in verschiedenen Bereichen des Spektrums[5]) oder die hohe Leuchtdichte der Quecksilberbogenentladung[6]), welche ja die Höchstdrucklampe[7]) in der Verwendung für die Kinotechnik[8]) aussichtsvoll erscheinen läßt. — Nebenbei sei noch erwähnt, daß man versucht hat, Neonleuchtröhren ohne Stromzuführungen durch einen 100 W-Kurzwellengenerator zum Leuchten zu bringen[9]). — Die Versuche zur Weiterentwicklung und Anwendung von Luminophoren werden in erhöhtem Maße fortgesetzt[10 bis 14]). In diesem Zusammenhang ist besonders auch der Einfluß der Temperatur auf Fluoreszenzlampen interessant[15]), ferner Untersuchungen über die Abhängigkeit der Oberflächenleuchtdichte und der Lichtausbeute bei fluoreszierenden Hg-Niederdruck-Hochspannungsröhren, z. B. von der Schichtdurchlässigkeit, von der Schichtlänge oder von der Art des Leuchtstoffes[16]). Die Leuchtstoffe wurden jedoch nicht nur bei Niederdruck-, sondern auch bei Hochdrucklampen in die Praxis eingeführt und die lichttechnischen Eigenschaften dieses neuen Leuchters untersucht[17]). — Bei der stets wachsenden Bedeutung der Lumineszenz für die praktische Lichterzeugung liegt es nahe, daß Lichtquellen auf ihre Eignung zur Lumineszenzanregung untersucht wurden[18]). Außerdem wird jetzt eine Lampe zur Fluroreszenzanregung für Sonderzwecke für 24 V Gleichstrom gebaut[19]). Neuerdings sind weitere UV-Lichtquellen entwickelt worden, so z. B. eine UV-Strahlungslampe zum Abtöten von Bakterien[20]) und Lampen zur Vitaminforschung[21]). — Die Fragen der neuzeitlichen Lichterzeugung nahmen einen wesentlichen Raum der Vortragsfolge des 14. Deutschen Physiker- und Mathematiker-Tages in Baden-Baden ein[22, 23]).

b) Geleuchte.

Der raschen Entwicklung des elektrischen Lichtes ist das Gasglühlicht nicht gefolgt. Neuerdings wird nun versucht, durch Weiterentwicklung und Verbesserung der Gasgeleuchte, sowohl für Außen- als auch für Innenbeleuchtung, den Vorsprung der elektrischen Beleuchtung nicht noch größer werden zu lassen[24, 25]); dies erscheint um so berechtigter, als das Gasglühlicht durch das „Flaschengas" auch dort, wo keine Gasrohre und elektrische Zuleitungskabel verlegt werden können, Verwendung finden kann. — Auf dem Gebiet der Geleuchtbaustoffe werden die physikalisch-optischen Eigenschaften verschiedener Kunststoffe behandelt[26]), aber auch neue Zweckleuchten unter besonderer Berücksichtigung der Werkstofflage sowie Gläser für Schmuckleuchten entwickelt[27, 28]). Zur Herstellung von künstlichem Tageslicht werden neue Filter und Mischlichtkombinationen unter Angabe der Lichtausbeute und Farbtemperatur vorgeschlagen[29]). Um die Lichtverteilung von tiefstrahlenden Reflektoren aus verschiedenen reflektierenden Baustoffen ändern zu können, wurde der Einfluß verschieden gearteter Blenden, wie sie u. a. im Luftschutz Verwendung finden, untersucht[30]).

Die nach wie vor wichtigen Leuchtfeuer sucht man durch geeignete Ausbildung der Optik und richtige Wahl und Ausbildung der Glühlampenwendel in ihrer optischen Reichweite zu verbessern[31 bis 34]). — Um die neuzeitlichen Gasentladungslampen, insbesondere die neue HgH 5000 (55 000 lm) auch für Anstrahlungszwecke befriedigend verwenden zu können, entwickelte man hierzu ein neues Flutlichtgerät mit Parabolspiegel[35]).

Beleuchtungstechnik.

Dem Hauptausschuß „Gutes Licht" im Amt „Schönheit der Arbeit" der DAF ist es in außerordentlich kurzer Zeit — in Zusammenarbeit mit der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft — gelungen, in über 50 Städten neutrale Lichtberatungsstellen zu errichten[36 bis 41]). Darüber hinaus soll die Aufklärungsaktion „Schönheit der Arbeit" und damit die des guten Lichtes jetzt aber auch

---

1) O. H. Knoll u. R. Truschka, ETZ 59 (1938) S. 533.
2) H. Helwig; Licht 8 (1938) S. 147.
3) F. Skaupy, Licht u. Lampe 27 (1938) S. 603, Ref. ETZ 60 (1939) H. 4, S. 107.
4) C. G. Found, Trans. Illum. Engng. Soc. 33 (1938) S. 161.
5) J. Kern, Z. techn. Phys. 19 (1938) S. 249, Ref. ETZ 60 (1939) H. 3, S. 80.
6) Marden, Beese u. Meister, Trans. Illum. Engng. Soc. 33 (1938) S. 147.
7) E. B. Noel und R. E. Farnham, J. Soc. Mot. Pict. Engrs. 31 (1938) S. 221, Ref. ETZ 60 (1939) H. 8, S. 227.
8) O. Höpcke u. W. Thouret, Kinotechn. 20 (1938) S. 148.
9) Electrician 120 (1938) S. 205.
10) E. Andresen, Licht 8 (1938) S. 50.
11) N. Riehl, Angew. Chem. 51 (1938) S. 300.
12) E. Rexer, Glastechn. Ber. 16 (1938) S. 90.
13) G. E. Inman, Trans. Illum. Engng. Soc. 34 (1939) S. 65.
14) A. Rüttenauer, ETZ 59 (1938) S. 1158.
15) J. W. Marden, N. C. Beese, G. Meister, Trans. Illum. Engng. Soc. 34 (1939) S. 55.
16) A. Rüttenauer u. E. Blum, Licht 8 (1938) S. 167.
17) H. Krefft u. K. Larché, Licht 8 (1938) S. 133.
18) Elektrizitätswirtsch. 37 (1938) S. 348.
19) A. Wyk, Philips techn. Rdsch. 3 (1938) S. 33.
20) Lax u. Rompe, Licht 8 (1938) S. 63.
21) M. Reger u. E. Summerer, Licht 8 (1938) S. 112.
22) Z. Techn. Physik 19 (1938) Heft 11 u. 12 (Baden-Baden-Hefte).
23) ETZ 59 (1938) S. 1379.
24) H. Laurin, Licht 8 (1938) S. 68.
25) D. Chandler, Trans. Illum. Engng. Soc. 33 (1938) S. 21.
26) F. W. Warner, Trans. Illum. Engng. Soc. 33 (1938) S. 244.
27) W. Kircher, Licht 9 (1939) S. 31.
28) ETZ 59 (1938) S. 272, S. 414 u. S. 422.
29) M. Luckiesh, A. H. Taylor u. G. P. Kerr, Gen. electr. Rev. 41 (1938) S. 89.
30) J. M. Ketsch u. G. R. Lawall, Trans. Illum. Engng. Soc. 33 (1938) S. 545.
31) Th. J. J. Manders u. L. J. van der Moer, Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 33.
32) C. Bauer, Licht 8 (1938) S. 213.
33) F. Breckenbridge, Trans. Illum. Engng. Soc. 33 (1938) S. 262.
34) W. T. Harding, Trans. Illum. Engng. Soc. 22 (1938) S. 277.
35) A. Dargenton, Électricité (Science et Industrie) 22 (1938) S. 1.
36) Licht 8 (1938) S. 183.
37) W. Kircher, Licht 8 (1938) S. 71.
38) Donderski u. Knull, Licht 8 (1938) S. 73.
39) Schönheit der Arbeit 2 (1938) S. 479.
40) Schönheit der Arbeit 3 (1938) S. 20.
41) L. Donderski, Licht 8 (1938) S. 48.

Deutschlands Dörfer erfassen. Bei der Lösung der Aufgaben, die im Zuge der Dorfverschönerung auftreten, wird auch die Lichttechnik mit an erster Stelle stehen[42]). Unterdessen ist nun auch der zweite Teil der lichttechnischen Erhebungen in deutschen Betrieben erschienen. Das Ergebnis zeigt, wie groß noch die Zahl der verbesserungsbedürftigen Anlagen ist, besonders wenn ein strengerer Bewertungsmaßstab angelegt wird[43]).

Im Vordergrund aller beleuchtungstechnischen Betrachtungen steht nach wie vor die Frage des guten *Lichtes am Arbeitsplatz*. So wird der Einfluß der Lichtfarbe, der Einfluß der Beleuchtungsart auf die Arbeitsleistung[44 bis 46]), ferner die Beleuchtung von Büroräumen[47]), die der Werkstätten[48]), die Beleuchtung im Bergwerk[49]), in den Schulen[50]) und Krankenhäusern[51]) behandelt. Dabei wird in neuerer Zeit immer mehr versucht, das Quecksilbermischlicht in die Beleuchtungstechnik einzuführen[52 bis 54]). Aber auch Fragen der Regelung der Gleichmäßigkeit und Schattigkeit werden erörtert und Wege zur Verbesserung angegeben[55]). Bei der Prüfung von Werkstoffen bedient man sich in immer stärkerem Maße lichttechnischer Mittel[56, 57]).

Bei der steigenden Zahl und bei der Verschiedenartigkeit der zu beleuchtenden Anlagen haben in neuerer Zeit die Hilfsmittel zur Beleuchtungsprojektierung an Bedeutung gewonnen. Da die Beleuchtung durch linienförmige Leuchter (Glühdrahtröhren und Gasentladungsröhren) immer mehr Eingang findet, sind Berechnungsverfahren für linienförmige Lichtquellen aufgestellt worden[58, 59]). Weiter werden Hilfsmittel zur Beleuchtungsprojektierung bei Ausleuchtung großer Flächen durch Scheinwerfer[60]), zur Berechnung der Indirektbeleuchtung[61]) und graphische Hilfsmittel[62]) sowie ein gemeinverständlicher Rechenschieber für Innenbeleuchtung angegeben[63]). — Im Rahmen der Beleuchtungstechnik nimmt der Sektor *Verkehrsbeleuchtung* von Jahr zu Jahr eine wichtigere Stellung ein. An erster Stelle steht die Behandlung des Problems der Straßenbeleuchtung — eingehend behandelt im Studienausschuß der DLTG und auf der Teiltagung der Weltkraftkonferenz in Wien[64]) — und selbstverständlich auch das der Autobahnen[65 bis 70]). Inwieweit hier das Gas eine Rolle zu spielen hat, wird ebenfalls aufgezeigt[71, 72]). Dabei können u. a. zur Beantwortung dieser Frage übersichtliche statistische Darstellungen der Straßenbeleuchtung Deutschlands Aufschluß geben[73]). Immer mehr bricht sich die Erkenntnis Bahn, daß es weniger auf die auf der Straße herrschende Beleuchtungsstärke, sondern vielmehr auf die Leuchtdichte und Konstrastverhältnisse auf den Straßendecken ankommt, wobei selbstverständlich die Beschaffenheit des Straßenbelages eine wichtige Rolle spielt[74 bis 76]). Zur Erhöhung der Verkehrssicherheit müssen natürlich auch die Sichtverhältnisse beim Kraftfahrzeugverkehr, wo die Fragen der Vermeidung von Blendung[77]), besonders durch Anwendung polarisierten Lichtes[78]), behandelt werden, oder die Sichtverhältnisse bei Nebel[79]) stärkste Beachtung finden. Die Versuche zur Verhütung der Verkehrsunfälle durch Blinklicht[80]) oder durch Verkehrsregelung mittels mechanisch-lichttechnischer Mittel[81]) sowie die Frage der Beleuchtung von Eisenbahnunterführungen, Straßentunnels[82]) und Treppen[83]) sind in diesem Zusammenhang zu erwähnen.

Die lichttechnischen Aufgaben, die der *Luftschutz* stellt, werden auf verschiedenen Wegen zu lösen versucht[84 bis 89]). — Das Licht als *werbendes Mittel* im Kaufhaus[90]), im Schaufenster[91, 92]) und im Stadtbild[93]) ist stets ein unentbehrlicher Helfer. — In neuerer Zeit sind sowohl dem Lichttechniker als auch dem Architekten immer zahlreichere und größere *lichtkünstlerische Aufgaben* gestellt, die eine verständnisvolle Gemeinschaftsarbeit erfordern[94 bis 106]).

Auf den *beleuchtungstechnischen Sondergebieten* ist die Lichttechnik der Lichtbildprojektion[107, 108]), der Kino- und Phototechnik[109 bis 113]), der Paustechnik[114]) sowie die Anwendung des Lichtes zur Erhöhung der Sicherheit in großen Zusammenkunftsräumen[115 bis 117]) und letzten Endes auch die Verwendung des Lichtes in der Medizin[118, 119]) bemerkenswert.

Die Bestrahlung mit Licht, besonders von Neonlicht, hat auf Wachstum und Früchteertrag einen großen Einfluß und läßt einen beachtlichen Erfolg in bezug auf eine Frühernte erhoffen[120, 121]). — Eine vom energiewirtschaftlichen Standpunkt interessante Arbeit über die

42) H. Steinwarz, Licht 8 (1938) S. 177.
43) R. G. Weigel u. O. H. Knoll, Licht 8 (1938) S. 178.
44) H. Schober u. K. Wittmann, Licht 8 (1938) S. 199, Ref. ETZ 60 (1939) H. 5, S. 140.
45) Leland H. Brown, Leo G. Gianini u. Trevor A. Robinson, Trans. Illum. Engng. Soc. 33 (1938) S. 632.
46) H. Schöne, Licht 8 (1938) S. 188.
47) W. Schmidt, Schönheit der Arbeit 2 (1938) S. 500.
48) Trans. Illum. Engng. Soc. 34 (1939) S. 21.
49) C. E. Egeler, Trans. Illum. Engng. Soc. 33 (1938) S. 439.
50) Trans. Illum. Engng. Soc. 33 (1938) S. 317.
51) H. W. Alexander, Frank b. Lee u. Lyen S. Ickis, Jr. Trans. Illum. Engng. Soc. 33 (1938) S. 523.
52) W. Kircher, Schönheit der Arbeit 2 (1938) S. 474.
53) W. Schmidt, Licht 8 (1938) S. 215.
54) C. Saatmann, Licht u. Lampe 27 (1938) S. 183.
55) E. Meyer, Licht u. Lampe 27 (1938) S. 413 u. S. 537.
56) R. G. Weigel u. O. H. Knoll, Licht 8 (1938) S. 297.
57) J. Folcker, Tekn. T. 68 (1938) S. 185.
58) J. Ondracek, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 585.
59) E. Meyer, Licht u. Lampe 27 (1938) S. 259.
60) L. Wallner, ETZ 60 (1939) H. 5, S. 125.
61) J. Brüll, Licht u. Lampe 27 (1938) S. 435.
62) R. Sewig, Licht 8 (1938) S. 12 u. 33.
63) P. Behret, Licht 8 (1938) S. 120, Licht u. Lampe 27 (1938) S. 120.
64) R. G. Weigel u. Mitarb., Ber. 17—22 Abt. D Teiltagung der Weltkraftkonferenz Wien.
65) Electrician 120 (1938) S. 666.
66) E. von der Trappen, ETZ 60 (1939) H. 16, S. 467, u. Licht u. Lampe 27 (1938) S. 657.
67) W. Hagemann, Licht 9 (1939) S. 10.
68) E. R. Sherbaum, Trans. Illum. Engng. Soc. 34 (1939) S. 188.
69) Trans. Illum. Engng. Soc. 34 (1939) S. 176.
70) F. Nedden, Licht 8 (1938) S. 151.
71) A. Przygode, ETZ 59 (1938) S. 1203.
72) M. Scholz-Frick, Licht u. Lampe 27 (1938) S. 234.
73) B. Seeger, Licht 8 (1938) S. 114 u. S. 254, Elektrizitätswirtsch. 37 (1938) S. 632.
74) R. G. Weigel u. O. H. Knoll, Licht 8 (1938) S. 201.
75) R. G. Weigel u. F. Raab, Ber. v. VIII. Kongress-Haag 1938 d. int. ständ. Verbandes der Strassen-Kongresse.
76) J. Bergmans, Philips techn. Rdsch. 3 (1938) S. 321.
77) J. Roper und A. Howard, Trans. Illum. Engng. Soc. 33 (1938) S. 417.
78) H. Sauer, Z. VDI 82 (1938) S. 201.
79) M. Wolff, Licht 8 (1938) S. 105 u. 128, Ref. ETZ 59 (1938) S. 1075.
80) C. F. O. Müller, Licht 8 (1938) S. 56, Ref. ETZ 59 (1938) S. 760.
81) A. Ott, Licht u. Lampe 27 (1938) S. 261.
82) H. Lingenfelser, Licht 8 (1938) S. 154.
83) E. Besser, Licht u. Lampe 27 (1938) S. 569.
84) E. Bleser, ETZ 59 (1938) S. 337.
85) N. Riehl, Licht 8 (1938) S. 96.
86) N. Riehl, ETZ 59 (1938) S. 641.
87) A. Grün, Sonderdruck der Eberspächer Glasdachfabrik in Eßlingen a. N.
88) Niggemeyer, Elektrizitätswirtsch. 37 (1938) S. 325.
89) P. J. Bouma, Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 25.
90) J. L. Stair u. W. V. C. Foulks, Trans. Illum. Engng. Soc. 33 (1938) S. 53.
91) F. W. G. Schmidt, Licht u. Lampe 27 (1938) S. 295.
92) M. Wolff, Trans. Illum. Engng. Soc. 33 (1938) S. 69.
93) Licht u. Lampe 27 (1938) S. 719.
94) R. G. Weigel u. O. H. Knoll, Licht 9 (1939) S. 22.
95) W. Arndt, Licht 9 (1939) S. 27.
96) H. D. Rösiger, Licht 8 (1938) S. 137.
97) C. G. Klein, Licht u. Lampe 27 (1938) S. 390.
98) W. Hindelang, Licht 8 (1938) S. 172.
99) E. von der Trappen, Licht 9 (1939) S. 3.
100) F. Ernst, Licht 8 (1938) S. 131, Licht u. Lampe 27 (1938) S. 465.
101) J. Reiser, Licht 8 (1938) S. 189.
102) H. Lingenfelser, Licht 8 (1938) S. 195.
103) L. Berg, Licht 8 (1938) S. 140.
104) A. L. Powell, Trans. Illum. Engng. Soc. 33 (1938) S. 566.
105) C. B. Conway, Trans. Illum. Engng. Soc. 33 (1938) S. 125.
106) C. S. Woodside, Trans. Illum. Engng. Soc. 33 (1938) S. 227.
107) W. Hegmann, Kinotechn. 21 (1939) S. 43.
108) G. Heller, Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 2.
109) H. Naumann, Kinotechn. 20 (1938) S. 141.
110) H. Joachim, Kinotechn. 20 (1938) S. 285.
111) Kandem Hausmitt. (1938) S. 4.
112) J. A. M. van Liempt, Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 9.
113) A. Kreveld u. J. A. Liempt, Physica 5 (1938) S. 345.
114) F. Lauster u. E. Jollasse, ETZ 59 (1938) S. 988.
115) Kinotechn. Rdsch. d. Film-Kurier vom 26. 3. 1938, Ref. ETZ 5 (1938) S. 804.
116) P. Lattermann, Kinotechn. 20 (1938) S. 225.
117) H. C. Weston u. E. Stroud, Trans. Illum. Engng. Soc. 3 (1939) S. 21.
118) R. Bottler, Licht 9 (1939) S. 17.
119) A. Groher, Licht u. Lampe 28 (1939) S. 203.
120) F. Ringwald, Elektrizitätsverw. 13 (1938) S. 12.
121) W. Kind, ETZ 59 (1938) S. 913

Lichtbelastung, ihre Eigenart und Entwicklung möge die Schrifttumübersicht des Abschnittes Beleuchtungstechnik schließen[122]).

Lichtmessung.

Die photometrische Messung an Scheinwerfern war von jeher schwierig; es werden hier die Fragen der photometrischen Grenzentfernung[123]) bei Parabolspiegeln, insbesondere aber auch alle die Fragen, die bei der Messung überhaupt auftreten können[124]), behandelt. — Damit man bei einer Beleuchtungsanlage nicht nur wie bisher vorwiegend die Beleuchtungsstärke, sondern auch den Schattigkeitsgrad messend verfolgen kann, wird die Möglichkeit der Diffusitätsmessung mit Hilfe eines schon bekannten Schattenmessers angegeben[125]). Nach wie vor beschäftigen in der Lichtmessung die Probleme der heterochromen Photometrie, sei es, daß einige Fragen einer systematischen theoretischen Untersuchung unterworfen werden[126]), sei es, daß die Frage nach dem wahren Verlauf der spektralen Hellempfindlichkeit des Auges erörtert wird[127, 128]), oder sei es, daß ein neuer Vorschlag zur subjektiven „$V\lambda$-getreuen" Photometrie gemacht wird[129]). In diesem Zusammenhange sei auch auf die Arbeiten hingewiesen, die Verfahren der Farbenmessung[130]) angeben, und zwar sowohl zur Messung der Farbigkeit von Körpern als auch von Lichtquellen[131, 132]). Auch hier werden schon die Verfahren der objektiven Photometrie angewendet, die mit fortschreitender Entwicklung der Photozellen[133, 134]) immer neue vereinfachende Möglichkeiten in der Lichtmessung, z. B. bei der Aufnahme von Lichtverteilungskurven[135]) oder bei der Lichtstrommessung mit Hilfe der Ulbricht-Kugel[136]), bieten.

In der Lichtmessung ist bekanntlich für sehr viele Zwecke eine Lichtquelle konstanter Strahlungsverteilung im sichtbaren Gebiet erwünscht; ein Vorschlag mit Angabe der technischen Ausführung einer solchen Lichtquelle mit Hilfe eines fluoreszierenden Schirmes wird gemacht[137]).

In immer stärkerem Grade geht man in der Strahlentherapie zur Messung der zu verabfolgenden Strahlendosen über, wobei das Problem der Ultraviolett-Dosimetrie selbstverständlich im Vordergrund steht[138 bis 140]). Die nicht immer nur von der Benutzungsdauer der Quarzlampen abhängige Alterung derselben erfordert eine regelmäßige physikalische Strahlenprüfung[141]).

Physiologische Optik.

Auf diesem Gebiete liegt zur Zeit eine Reihe von Arbeiten vor, welche die inneren Vorgänge bei der Lichtreizung des Auges zu klären suchen[142, 143]) und besonders einen Zusammenhang zwischen Aktionsströmen und Gesichtsempfindungen[144]) nachprüfen. Für die Praxis ist heute im Zeichen des Vierjahresplanes die Klärung der Ursache des Augenzitterns der Bergleute bedeutungsvoll; hierzu wird ein Beitrag geliefert[145]). Ein dankbares Betätigungsfeld erwächst der physiologischen Optik auf dem Gebiet der Lichtbildprojektion; das Flimmern der Bildwandbeleuchtung[146]) und die für eine gute Kinoprojektion optimale Leuchtdichte[147]) waren Gegenstand der Untersuchung.

Am Ende dieser Schrifttumübersicht darf noch ergänzend auf die fast alle Gebiete der Lichttechnik umfassenden Arbeiten hingewiesen werden, die auf der 3. Reichstagung der Deutschen Lichttechniker in München 1938 behandelt worden sind[148]).

122) H. Draga, Elektrizitätswirtsch. 37 (1938) S. 751.
123) H. Slevogt, Licht 8 (1938) S. 85.
124) W. M. Hampton, Trans. Illum. Engng. Soc. 33 (1938) S. 52.
125) H. Lux, Licht 8 (1938) S. 61.
126) H. König, Helv. phys. Acta 11 (1938) S. 432.
127) A. Dresler, Z. techn. Phys. 19 (1938) S. 206.
128) M. Jaggi, Helv. phys. Acta 12 (1939) S. 77.
129) M. Richter, Licht 8 (1938) S. 127.
130) M. Richter, Z. wiss. Photogr. 37 (1938) S. 36.
131) P. M. van Alphen, Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 71.
132) O. Krummacher Z. Sinnesphysiol. 67 (1938) S. 189.
133) W. Kluge, ETZ 59 (1938) S. 647.
134) W. Behrendt, Z. techn. Phys. 19 (1938) S. 92, Ref. ETZ 59 (1938) S. 885.
135) G. Weber, Licht 8 (1938) S. 145.
136) G. R. Baumgartner, Trans. Illum. Engng. Soc. 33 (1938) S. 379.
137) M. Ardenne, Z. techn. Phys. 19 (1938) S. 41, Ref. ETZ 59 (1938) S. 428.
138) U. Henschke u. R. Schulze, Strahlentherapie 62 (1938) S. 237.
139) R. Bottler, Licht 9 (1939) S. 17.
140) R. Bottler u. O. H. Knoll, Strahlentherapie 62 (1938) S. 348.
141) E. Hasché, ETZ 59 (1938) S. 120.
142) W. D. Wright, Trans. Jllum. Engng. Soc. 34 (1939) S. 1.
143) F. Schwarz, Z. Sinnesphysiol. 67 (1938) S. 227.
144) F. Gröppel, F. Haas, A. Kohlrausch, Z. Sinnesphysiol. 67 (1938) S. 207.
145) E. Zeiß, Licht u. Lampe 27 (1938) S. 756.
146) H. Naumann, Kinotechn. 20 (1938) S. 141.
147) Frieser u. Münch, Kinotechn. 20 (1938) S. 85.
148) Licht 8 (1938) H. 11 u. 12, ETZ 59 (1938) S. 1352, Licht u. Lampe 27 (1938) S. 656.

Elektrisches Nachrichtenwesen.

DK 621.39

Fernsprechwesen.

DK 621.395

Im Jahre 1938 ist die Entwicklung der Fernsprechtechnik im wesentlichen durch die Maßnahmen zur Verbesserung der Übertragungsgüte, zur Werkstoffersparnis und zur Werkstoffumstellung bestimmt gewesen. Die entwickelten Mikrophone und Fernhörer, die in die neuen Fernsprechapparate eingebaut werden, geben die Möglichkeit, ein erweitertes Frequenzband zu übertragen. Hierdurch und durch die Verminderung der nichtlinearen Verzerrungen bei den neuen Mikrophonen sowie durch die günstigere Form der Handapparate konnte die Übertragungsgüte der Fernsprechkreise verbessert werden, die sich in einer Steigerung der Natürlichkeit der Sprache auswirkt[1]). Hierauf fußend ist zwischenstaatlich bei der CCIF-Tagung in Oslo 1938 vereinbart worden, die obere Grenze für den Übertragungsbereich der trägerfrequenten Stromkreise in unbelasteten Kabeln auf 3400 Hz (bisher 2600 Hz) hinaufzusetzen; dies war vom Stande der Fernkabel- und Verstärkertechnik aus bereits seit längerer Zeit durchführbar[2]).

Für die Herstellung der Fernsprechleitungen werden von den devisenzehrenden Werkstoffen vor allem Kupfer und Blei gebraucht. Der Bedarf an diesen Stoffen konnte durch den umfangreichen Einsatz von Einrichtungen wesentlich herabgesetzt werden, die es ermöglichen, auf ein und derselben Leitung neben dem gewöhnlichen Fernsprechweg noch weitere Sprechwege mit Hilfe des Trägerstromverfahrens zu bilden, und zwar Zweiband (zwei

1) H. Panzerbieter, ETZ 59 (1938) S. 550.

2) F. Gladenbeck, ETZ 59 (1938) S. 771 u. 792.

Sprechwege), Vierband (vier Sprechwege), Mehrband[3]) (bis zu zwölf Sprechwegen) und Vielband[4]) (bis zu 200 Sprechwegen). Diese Ersparnis an Kupfer ergibt sich aus folgenden Zahlen, die für eine 500 km lange Fernsprechleitung berechnet worden sind:

1910:	Freileitung mit 4 mm dicken Leitern	rd. 110 t
1912:	mittelschwer bespulte Fernkabelleitung mit 3 mm dicken Leitern (Rheinlandkabel), ohne Verstärker	rd. 40 t
1925:	mittelschwer bespulte Fernkabelleitung mit 0,9 mm dicken Leitern und Verstärkern	rd. 8 t
1935:	leicht bespulte Fernkabelleitung mit 0,9 mm dicken Leitern mit Zweibandeinrichtung	rd. 4 t
1938:	koaxiale Leitung mit Vielbandeinrichtung	rd. 0,5 t

Ebenso erheblich ist die Verringerung des Bleiverbrauchs für den Kabelmantel, der von 50 kg/km je Sprechkreis durch die Anwendung des Trägerstromverfahrens auf 5 kg/km für eine Vielbandverbindung gesenkt werden konnte. Durch die Verwendung einer Stützspirale konnte auch die Dicke der Bleimäntel auf 75 % herabgesetzt werden.

Im Rahmen des Vierjahresplanes wurde die Werkstoffumstellung sehr energisch verfolgt; Auslandswerkstoffe wurden weitgehend durch heimische Rohstoffe ersetzt. Fernsprechkabel, die früher ohne Ausnahme Kupferleiter enthielten, werden jetzt mehr und mehr mit Aluminiumleitern gebaut. Seide, Baumwolle und Gummi, die als Isolierstoffe verwendet werden, sind durch Kunstseide und Zelluloselack ersetzt worden[5]).

Die „Drahtfunkverordnung" vom 19. 3. 1939 bildet die rechtliche Grundlage zur Einführung des hochfrequenten Drahtfunks, durch den das bisher nur für den Fernsprechdienst verwendete Fernmeldenetz mit Hilfe von Trägerströmen auch für die Übermittlung von Rundfunkdarbietungen ausgenutzt wird. Die hierfür erforderlichen technischen Einrichtungen sind jetzt so vervollkommnet und die Vorbereitungen so weit gediehen, daß der Drahtfunk der Allgemeinheit zugänglich gemacht werden kann[6]).

Für den Funkfernsprechdienst, der infolge der veränderlichen Übertragungsbedingung auf der drahtlosen Strecke durch Echoströme und Rückkopplungen erschwert wird, ist eine neue Rückkopplungssperre entwickelt worden, die den bisher verwendeten Sperren überlegen ist[7]).

Funkwesen.

DK 621.396

Das F u n k w e s e n hat durch die Hochflut der politischen Ereignisse des letzten Jahres einen gewaltigen Auftrieb erfahren. Ein zuverlässiger Gradmesser des Entwicklungsstandes im volksdeutschen Lebensraum ist von jeher der R u n d f u n k gewesen. Seit 1938 dürfen wir nunmehr vom Großdeutschen Rundfunk sprechen und berichten. An der Jahreswende 1937/38 zählte der Deutsche Rundfunk 9 Mill Teilnehmer; am 1. 1. 1939 waren in Großdeutschland 10,8 Mill, am 1. 3. 1939 12¼ Mill Rundfunkgenehmigungen erteilt. Welch ein Aufstieg, aber auch welches Mehr an technischen Aufgaben und Arbeitsvorgängen! Durch die Angliederung Österreichs und des Sudetenlandes hat sich das Rundfunksendernetz um acht Sender (sieben österreichische und einen ehedem tschechischen) mit einer Sendeleistung von zusammen 175 kW vermehrt. Die Einbeziehung dieser Sender in den Deutschen Rundfunk und der Anschluß an das Rundfunkleitungsnetz ging schnell und reibungslos vonstatten: zugleich mit der Machtübernahme in den vom Reiche übernommenen Gebieten setzte auch die Rundfunkberichterstattung ein; und schon steht die DRP vor den neuen Aufgaben der technischen Rundfunkorganisation im heimgekehrten Memellande und dem Protektorat Böhmen und Mähren. Währenddessen nahmen die Erneuerungs- und Fortentwicklungsarbeiten im Altreich ihren gewohnten Verlauf. Bei Stolp wurde ein neuer Rundfunksender für Ostpommern errichtet. Die übrigen Sender und Antennenanlagen wurden vervollkommnet und z. T. erneuert. Ein neuer Deutschlandsender ist in Betrieb.

Der F e r n s e h r u n d f u n k ist so weit gefördert, daß seine allgemeine Freigabe, zunächst für Groß-Berlin, bald zu erwarten ist. Der Ultrakurzwellen-Fernsehsender in Witzleben wurde stillgelegt und an seiner Stelle der neue Fernsehsender auf dem Amerikahause in Berlin-Charlottenburg zur Großen Deutschen Funkausstellung 1938 mit der Sendung von 441 Zeilenbildern eröffnet. Der Fernseh s p r e c h dienst zwischen Berlin, Leipzig und Nürnberg wurde auf München weiter ausgedehnt. Auch im Stadtgebiet von Hamburg wurde eine Fernsehsprechverbindung eröffnet.

Unter den f e s t e n F u n k d i e n s t e n wurden zur Verbesserung der Wirtschaftsbeziehungen mit Südamerika im Mai 1938 unmittelbare Funkverbindungen zwischen Deutschland einerseits und Peru sowie Kolumbien anderseits in Betrieb genommen. Die Zahl der S e e f u n k s t e l l e n auf deutschen Handelsschiffen nahm erheblich weiter zu. Sie stieg im Jahre 1938 von 1130 auf 1225; darunter befinden sich 355 Funkstellen mit Sprechsendern gegenüber 273 im Vorjahr. Die vorläufige Küstenfunkstelle in Pillau erhielt einen stärkeren Sprechsender. Die Errichtung einer Funksprechstelle im nördlichen Teil Ostpreußens für den Eisbrecherdienst im Memeldelta und im Kurischen Haff ist in der Planung begriffen und der Bau einer größeren Küstenfunkstelle in Ostpreußen in die Wege geleitet worden.

Vom 1. 2. bis 8. 4. 1938 fand in Kairo eine Weltnachrichtentagung statt, bei der eine deutsche Abordnung unter Führung der Deutschen Reichspost vertreten war. Auf dem Gebiet des Funkwesens brachte diese Tagung namentlich für die Wellenverteilung verschiedene Änderungen. Dem Rundfunk wurden anschließend an den Mittelwellenbereich bei 1500 kHz (200 m) 60 kHz mehr zugeteilt. Ein neuer Wellenverteilungsplan, der an die Stelle des Luzerner Rundfunkvertrages treten soll, wurde im März d. J. auf der Europäischen Wellenkonferenz in Montreux ausgearbeitet.

Beeinflussung von Fernmeldeanlagen durch Starkstromleitungen.

DK 621.391.31.013.71/.72

1. Wirkungen der Grundschwingung. In Schweden ist die Zweckmäßigkeit der Verwendung von Saugtransformatoren bei Wechselstrombahnen erneut erörtert worden[8]). In Mandschukuo hat man die Wirkung des elektrischen Feldes von Drehstromleitungen auf engbenachbarte Fernsprechleitungen eingehend untersucht und dabei die ausreichende Genauigkeit der Rechenverfahren und die bekannte Erfahrung bestätigt, daß geerdete Körper nicht nur feldsenkend, sondern auch feldverzerrend wirken und daher die Beeinflussung von Doppelleitungen steigern können[9]).

2. Wirkungen der Oberschwingungen. Eine zusammenfassende Darstellung der Wirkungen von Leitungsgeräuschen hat W i l d[10]) gegeben, die Meßverfahren hat H a r b o t t l e behandelt[11]). Die Rückwirkung von Stromrichtern auf das speisende Drehstromnetz wird, bedingt

[3]) Düll, Europ. Fernsprechdienst (1939) H. 51, S. 43.
[4]) A. Schmid, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 185.
[5]) Lüschen und Küpfmüller, Europ. Fernsprechdienst (1938) H. 50, S. 301.
[6]) Waldow, Europ. Fernsprechdienst (1939) H. 51, S. 62.
[7]) Sachse und Arens, Europ. Fernsprechdienst (1938) H. 49, S. 164.

[8]) J. Körner, Tekn. T., Elektroteknik 68 (1938) S. 81. O. Helmer und G. Swedenborg, Tekn. T., Elektroteknik 68 (1938) S. 145 u. 172.
[9]) S. Noda und S. Nisiyama, Memoirs of the Ryojun College of Engng. 11 (1938) S. 55; — ETZ 59 (1938) S. 996. Y. Satoh und S. Nisiyama, Memoirs of the Ryojun College of Engng. 11 (1938) S. 79.
[10]) W. Wild, ETZ 59 (1938) S. 385.
[11]) Harbottle, J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938) S. 261.

durch die Zunahme der Großanlagen, in zahlreichen Arbeiten im In- und Ausland behandelt[12]). Man beschränkt sich zwar bei den Transformatoren im allgemeinen auf 12phasige Schaltungen, ist aber durch Kombination, mit Hilfe von Schwenktransformatoren, zu 36phasigen (in Deutschland) und 60phasigen (in Amerika) Schaltungen gekommen. Die Senkung der Störungen durch Wellensauger verschiedener Bauart haben die südafrikanischen Bahnen eingehend untersucht[13]).

3. Tagungen. Die Beeinflussungsleitsätze des CCIF sind auf der Vollversammlung in Oslo verabschiedet[14]) und, nach Genehmigung durch die Verwaltungen, Ende März im Druck erschienen. Sie werden demnächst in einem besonderen Aufsatz gewürdigt werden.

Fernsehen.

DK 621.397

Auf allen Teilgebieten der Fernsehtechnik ist im vergangenen Jahre eine außerordentlich erfolgreiche Weiterentwicklung der Fernseheinrichtungen auf der Grundlage der neuen deutschen Fernsehnormung für 441zeilige Bilder zu beobachten[15]). Dies wurde besonders deutlich anläßlich der letzten Großen Deutschen Funkausstellung[16]), wo sowohl bei der Fernsehaufnahme als auch bei der Bildwiedergabe alle zur Durchführung eines Fernsehrundfunks erforderlichen Apparaturen in bemerkenswerter Vollkommenheit gezeigt werden konnten.

Für die Bildaufnahme stehen heute neben vorzüglichen mechanischen Bildzerlegern für Tonfilmsendungen usw. vor allem auch rein elektrisch arbeitende „Bildfänger" zur Verfügung, die von normal beleuchteten Bühnenszenen einwandfreie Übertragungen ermöglichen. Bei Freilichtaufnahmen ergeben sich auch bei ungünstigen Lichtverhältnissen keine besonderen Schwierigkeiten mehr. Bei allen diesen Bildfängern handelt es sich um Kathodenstrahl-Bildzerleger mit Speicherkathode; neben der ursprünglichen Grundform dieser Anordnung, dem Ikonoskop, sind heute bereits Weiterentwicklungen in Gebrauch [Halbleiterikonoskop, Bildwandlerikonoskop[17])], die eine wesentlich größere Lichtempfindlichkeit besitzen.

Umfangreiche Laboratoriumsarbeiten mußten geleistet werden, um die bei den jetzigen hochzeiligen Bildern erforderliche Genauigkeit der Bildzerlegung zu erreichen. Es sind hier vor allem die elektronenoptischen Systeme der Kathodenstrahlröhren und Bildwandler zu erwähnen. Insbesondere bei den Braunschen Röhren für den Fernsehempfang ist es gelungen, überaus energiereiche Elektronenstrahlen und damit sehr helle Empfangsbilder zu erzeugen. Daneben spielt die elektrische Schaltungstechnik für die Herstellung der sehr zahlreichen Hilfsspannungen für die Rastergeräte usw. sowie die eigentliche Übertragungstechnik auf Fernsehkabeln und Ultrakurzwellen eine besonders wichtige Rolle.

Zu einer Fernsehaufnahmeeinrichtung gehören im allgemeinen stets mehrere Bildfänger, die gleichzeitig arbeiten und wahlweise eingeschaltet und überblendet werden können. Sämtliche Bildfänger werden von einer zentralen Stelle aus mit allen benötigten Spannungen, Frequenzen, Ablenkspannungen usf. versorgt und sind lediglich über ein vieladriges Verbindungskabel mit der Zentralapparatur verbunden, die dann an ihrem Ausgang das zu sendende Bild auf einer Trägerfrequenz aufmoduliert und gemäß der deutschen Normung mit Synchronisierzeichen getastet liefert. Verbindungskabel führen von hier aus zum drahtlosen Fernsehsender bzw. zu den Fernsehfernkabeln.

Zur drahtlosen Sendung von 441zeiligen Fernsehbildern wurde ein vollkommen neuer Ultrakurzwellensender errichtet, der im Gegensatz zu dem seitherigen Sender auf dem Funkturm die Ausstrahlung des wesentlich breiteren Frequenzbandes für die Bilder der neuen Normung ermöglicht. Auch die deutschen Fernsehkabelverbindungen werden z. Z. durch Einschaltung von Zwischenverstärkern für die Übertragung des breiteren Frequenzbandes von über 2 MHz umgestellt, die neuen Linien werden sogleich mit den neuen Verstärkern ausgerüstet.

Beim Fernsehempfang hat sich die Braunsche Röhre für die Bildwiedergabe restlos durchgesetzt, mechanische Bildempfänger sind vollständig verschwunden. Geradezu erstaunlich und unerwartet sind die Leistungen der Fernseh-Großbildempfänger, die zur Bilderzeugung ebenfalls eine Braunsche Röhre benutzen. Bei sehr hohen Betriebsspannungen (bis zu 80 kV), die sich aber technisch ohne weiteres beherrschen lassen, wird auf einem hochbelasteten Bildschirm ein außerordentlich helles Empfangsbild erzeugt, das durch eine geeignete Optik vergrößert auf einen Bildschirm entworfen wird. Durch zweckmäßige Gestaltung dieses Bildschirms läßt sich eine so gute Lichtausbeute erreichen, daß über 10 m² große Bilder mit völlig ausreichender Helligkeit erzeugt werden können. Bei kleinen Empfängern für den Fernsehheimempfang wird das Bild auf dem Bildschirm der Braunschen Röhre unmittelbar oder in einem Spiegel betrachtet, auch Kleinempfänger mit einem wesentlich verringerten technischen Aufwand (zu tragbarem Preis) sind bereits vorhanden und werden noch weiter entwickelt. Schon seit längerer Zeit wird ein Probebetrieb mit den neuen Fernseheinrichtungen durchgeführt, so daß einer allgemeinen Einführung eines Fernsehrundfunkdienstes im Versorgungsbereich der bis jetzt vorhandenen Fernsehsender nichts mehr im Wege steht.

[12]) P. G. Laurent, Rev. gén. Electr. 44 (1938) S. 89 u. 113. ETZ 59 (1938) S. 963. L. Lebrecht, AEG-Mitt. (1938) S. 489. L. Lebrecht und A. Partzsch, AEG-Mitt. (1939) S. 83. D. I. Bohn und W. E. Gutzwiler, Electr. Wld., N. Y. 110 (1938) S. 1585.

[13]) A. J. E. Funke, Trans. S. Afric. Inst. electr. Engrs. 29 (1938) S. 86.

[14]) H. Klewe und H. Bornemann, Europ. Fernsprechdienst (1938) H. 50, S. 332.

[15]) F. Banneltz, Fernsehen u. Tonfilm 8 (1937) S. 85; D. v. Oettingen, R. Urtel und G. Weiß, Telegr.-, Fernspr.- u. Funk-Techn. 27 (1938) S. 158.

[16]) G. Krawinkel, ETZ 59 (1938) S. 1009.

[17]) G. Krawinkel u. H. Salow, Telegr.-, Fernspr.- u. Funk-Techn. 27 (1938) S. 285; ferner A. Gehrts, Europ. Fernsprechdienst (1939) H. 51, S. 18.

Meßtechnik.

DK 621.317

Im vergangenen Jahr sind neue Regeln für Meßgeräte des VDE[1]) erschienen. Sie stimmen in allen wichtigen Punkten mit den internationalen Regeln für Meßgeräte überein, die in langjähriger Arbeit, vorwiegend auf deutsches Betreiben, geschaffen wurden. — Bei der Durchbildung der Meßgeräte kommen in noch immer steigendem Maße Kunstpreßstoffe zur Anwendung, und es ist zu hoffen, daß sich bald auch Innenteile hoher Präzision und Formbeständigkeit aus Kunststoff herstellen lassen. Man ist ernstlich bemüht, Aluminium durch Magnesiumlegierung zu ersetzen und hat manchen Erfolg erzielt. Die Einführung auf breiter Basis macht

[1]) ETZ 59 (1938) S. 1211.

vorläufig noch Schwierigkeiten. — Die vielseitige Entwicklung der Magnetstähle hat einen gewissen Abschluß gefunden. Der gepreßte Magnet (Tromalit) hat sich für viele Zwecke gut bewährt.

Die Schalttafelgeräte zeigen immer mehr die quadratische oder rechteckige (Profil-) Form, insbesondere für die Schalttafeln mittlerer Größen; bei großen und kleinen Schalttafeln und Schalteinrichtungen ist man mehr beim runden Instrument geblieben. Häufig werden die Skala oder der Skalengrund und der Zeiger mit Leuchtfarbe bestrichen und mit einer Ultraviolettlampe bestrahlt, so daß die Anzeige auch bei Verdunkelung erkennbar ist. — Die Bordgeräte für Schiffe, Flug- und Fahrzeuge spielen zahlenmäßig eine große Rolle. Die Ausführung muß häufig schwierigen Betriebsverhältnissen angepaßt werden; es bilden sich aber auch hier gewisse Normalgrößen heraus. — Die neuzeitlichen Anforderungen an Betriebsmeßgeräte hat Pflier[2]) übersichtlich zusammengestellt. Die Verwendung von elektrischen Meßinstrumenten in explosionsgefährdeten Räumen wird von Humann[3]) untersucht. — Die tragbaren Geräte, auch die für Montage, sind weitgehend auf Bakelit umgestellt; nur in ganz rauhen Betrieben bevorzugt man noch das Holzgehäuse. Die kleinen Meßgeräte mit eingebautem Vielfach-Meßbereichumschalter nähern sich mehr und mehr einer Standardform, wobei die Anzahl der Meßbereiche erheblich gesteigert wurde. — Es ist gelungen, abgeschirmte Dreheisen-Präzisions-Strom- und -Spannungsmesser[4]) zu bauen mit einer Fehlergrenze von 0,2 % für 0 bis 350 Hz. — Die Tintenschreiber werden immer mehr mit feststehendem Tintentrog und Saugrohrfeder ausgerüstet. Sie lassen sich unter Verwendung geeigneter Verstärkung, insbesondere durch die des Photozellenkompensators[5]), für genaue und schnelle Temperaturregistrierung einrichten. Der Mehrfach-Tintenschreiber wird mit breitem Papier und bis zu vier Meßwerken ausgeführt. — Der elektrische Regler hat infolge neuzeitlicher Werkstoffherstellung insbesondere in der Form des Fallbügelreglers außerordentlich starke Verbreitung gefunden.

Für den Zählerbau[6]), besonders für die Verminderung der Typenzahl, wird die Mitte 1938 für das ganze Reich herausgekommene neue Tarifordnung von günstigem Einfluß sein. Die Prüf- und Eichverfahren sind weiterentwickelt worden; erwähnt sei eine Arbeit von C. Di Pieri[7]) zur Prüfung von Dreileiter-Drehstromzählern mit einem Leistungsmesser.

Auf dem Gebiet der Meßeinrichtungen und Meßverfahren liegen sehr zahlreiche Arbeiten vor; es können hier nur einige angeführt werden. So wird von Walcher[8]) eine in Wien entstandene Induktivitätsmeßbrücke für 0,01 bis 10 H beschrieben. Sie stellt einen typischen Vertreter der kleinen handlichen Meßbrücken in Bakelitgehäuse dar, wie sie heute fast auf allen Gebieten der Meßtechnik und für die Messung vieler elektrischer Größen zu finden sind. Neue Erdungsmesser für Schwach- und Starkstromanlagen sind in handlicher Form entwickelt worden[9]). — Über Spannungsmessungen ist folgendes zu berichten: Zinke[10]) untersucht die verschiedenen Verfahren (elektrostatische und thermische) und ihre Fehlermöglichkeiten für die Hochfrequenztechnik. Rogowski und Böcker[11]) beschreiben einen elektrostatischen Spannungsmesser in Preßgas für absolute und relative Messungen bis 300 kV. Die Elektronenstrahl-Oszillographen wurden weiter den Erfordernissen der Praxis angepaßt. Linckh[12]) gibt ein neues Verfahren zur Kurvenmessung bei Hochspannung an, bei dem die Meßspannung an einem Spannungsteiler mit einer sinusförmigen Spannung verglichen wird. Bigalke[13]) beschreibt eine Einrichtung, die es ermöglicht, einmalige Meßvorgänge zu beliebiger Zeit mit dem Elektronenstrahl-Oszillograph aufzuzeichnen. Buchkremer[14]) hat einen Hochleistungs-Kathodenstrahl-Oszillograph konstruktiv entwickelt und fahrbare Ausführungen bis 100 kV angegeben. Zur Messung hoher Gleichspannungen gibt Krämer[15]) einen neuen Gleichspannungswandler an. Für die Hochspannungsmessung mit der Kugelfunkenstrecke, die gewisse Unstimmigkeiten zeigte, wurden in Deutschland und in anderen Ländern in Zusammenarbeit mit der IEC neue Grundlagen für Eichtafeln geschaffen. Weicker und Hörcher[16]) haben die bisherigen Meßergebnisse zusammengestellt. — Im National Bureau of Standards in Washington[17]) wurde ein absolutes Elektrometer für die Messung hoher Effektiv-Wechselspannungen (bis 275 kV) entwickelt, dessen Fehlergrenze zu 0,01 % ermittelt wurde. Vom gleichen Bureau in Washington liegt eine ausführliche Arbeit[18]) zur Bestimmung des absoluten Ohm vor mit dem Ergebnis: 1. mittleres internationales Ohm = 1,000 472 absolute Ohm; Meßgenauigkeit $20 \cdot 10^{-6}$. In den Elektrotechnischen Berichten ist ein Bericht[19]) über eine ähnliche französische Arbeit zu finden. — Schleicher und Thal[20]) geben einen interessanten Überblick über Anwendung der Verstärker (Photozelle, Audion, Bolometer) in der elektrischen Meßtechnik. Pelpel[21]) beschreibt die Anwendung der Röhrenverstärker bei Fernmeßeinrichtungen.

Die elektrische Messung nichtelektrischer Größen hat weitere Fortschritte gemacht. Sie hat sich zur Messung der Temperatur, Beleuchtung, Geschwindigkeit, Feuchte, Konzentration von Flüssigkeiten u. a. m. ein außerordentlich großes Gebiet erobert und dringt immer mehr in andere Industriezweige ein. Verhältnismäßig neu ist die elektrische Messung sehr kleiner Längen und Längenänderungen. Als Beispiel aus mehreren Arbeiten sei der elektrische Verdrehungsmesser nach Merz und Scharwächter[22]) angeführt. In eine Kupplung zwischen treibender und getriebener Maschine ist ein geeigneter Luftkondensator oder eine Drossel mit Luftspalt eingebaut. Die Luftabstände ändern sich mit der Größe des Drehmoments, so daß der Verdrehungswinkel und bei bekannten mechanischen Eigenschaften der Kupplung auch das Drehmoment über eine geeignete Verstärkerschaltung an einem Anzeigegerät abgelesen oder aufgezeichnet werden kann. Ein Dehnungsmesser, der noch $2{,}5 \cdot 10^{-4}$ mm bei ruhiger oder wechselnder Belastung bis zu 500 Wechseln je Sekunde zu messen gestattet, beschreiben Rusher und Mershon[23]). Von besonderem Interesse ist die magnetische Risseprüfung auch nicht ferromagnetischer Metalle[24]).

---

2) P. M. Pflier, Siemens-Z. 18 (1938) S. 1.
3) H. Humann, ETZ 59 (1938) S. 1135.
4) ETZ 60 (1939) H. 10, S. 325.
5) Hunsinger, Helios, Lpz. 45 (1939) S. 184.
6) ETZ 60 (1939) H. 10, S. 291.
7) ETZ 59 (1938) S. 472.
8) Helios, Lpz. 44 (1938) S. 1366.
9) Arch. techn. Messen, V-35192-4.
10) O. Zinke, ETZ 59 (1938) S. 573.
11) Rogowski u. Böcker, Arch. Elektrotechn. 32 (1938) S. 44.
12) Linckh, Phys. Z. 39, S. 727.
13) A. Bigalke, ETZ 59 (1938) S. 389.
14) St. Buchkremer, ETZ 59 (1938) S. 1035.
15) W. Krämer, ETZ 59 (1938) S. 1295.
16) Weicker u. Hörcher, ETZ 59 (1938) S. 1029; 60 (1939) H. 4, S. 97.
17) ETZ 59 (1938) S. 1162.
18) ETZ 60 (1939) H. 11, S. 337.
19) Elektrotechn. Ber. 7 (1938) S. 314 (3).
20) Schleicher u. Thal, ETZ 60 (1939) H. 9, S. 257.
21) Pelpel, Bull. Soc. franç. Electr. V, 8 (1938) S. 933, ETZ 60 (1939) H. 8, S. 226.
22) Merz u. Scharwächter, Arch. techn. Messen, V 136-2 (August 1938).
23) Rusher u. Mershon, Electr. Engng. 57 (1938) Trans. Sect. S. 645; ETZ 60 (1939) H. 6, S. 168.
24) ETZ 59 (1938) S. 1244, Elektrotechn. Ber. 8 (1938) S. 24 u. S. 93.

Akkumulatoren.

DK 621.355

Der Vorjahrsbericht betonte die Notwendigkeit einer weitgehenden Bereinigung der vorhandenen Akkumulatorentypen. Die Bestrebungen, durch eine straffe Normung die Ausführungsformen zu vermindern, sind weiter fortgesetzt worden und haben gute Erfolge erzielt. Nachdem die Normung der Fahrzeuganlasser- und Lichtbatterien endgültig durchgeführt wurde, sind nunmehr auch bei den Stahlbatterien für Elektrofahrzeuge und für die elektrische Zugbeleuchtung die Behälterabmessungen einheitlich, den Bleibatterien entsprechend, festgelegt worden.

Für das gesamte Gebiet der Akkumulatoren wurde weiterhin die Bearbeitung von zusammenfassenden VDE-Vorschriften in Angriff genommen, die sich ebenso wie die Normung auf Vereinheitlichung auswirken werden. Schließlich wurden Vorschriften für Batterien in Fahrzeugen, die in gas- und staubluftgefährdeten Betrieben arbeiten, sowie für den Schlagwetterschutz von Batterien in Grubenlokomotiven ausgearbeitet.

Wesentliche technische Neuerungen konstruktiver Art sind, abgesehen von den im Vorjahre berichteten, nicht zur Einführung gekommen. Auch die Versuche der Bleiforschungsstelle sowie der Laboratorien der Akkumulatorenindustrie über die Bewährung neuer Metallegierungen für die Gitter von Akkumulatorenplatten haben ein endgültiges Ergebnis noch nicht gezeitigt.

Der Absatz von Akkumulatorenbatterien zeigt auf der ganzen Linie einen stark steigenden Verlauf. Im Jahre 1938 sind 33 % mehr Elektrofahrzeuge für den öffentlichen Straßenverkehr zugelassen worden gegenüber 1937. Die Verwendung solcher Elektrofahrzeuge im Straßenverkehr ist wegen der Ersparnis an flüssigen Brennstoffen von größter wirtschaftlicher Bedeutung. Durch die ebenfalls vermehrte Einstellung von Elektrokarren in Fabriken und Güterschuppen wurden Arbeitskräfte für andere Aufgaben frei. In zunehmendem Maße finden auch verhältnismäßig große Batterien für Speicherlokomotiven Verwendung. Beachtlich ist die starke Verwendung von Stahlakkumulatoren in Notbeleuchtungsanlagen sowie ihre anteilsmäßig zunehmende Verwendung als Antriebsbatterien für Elektrofahrzeuge sowie als Starterbatterien für Dieselaggregate. Die Steigerung der Ausfuhr dürfte mit der erheblich gestiegenen Inlandsherstellung Schritt gehalten haben.

Elektrophysik (einschl. Elektroakustik).

DK 537 + 534

Die Technik der Anwendung des mit Elektronenstrahlen arbeitenden Übermikroskopes wurde wesentlich verbessert und führte zu Vergrößerungen bis zu 30 000. Eine interessante Abart des Elektronenmikroskops stellt das von v. Ardenne entwickelte Rastermikroskop[1]) dar, bei dem eine Elektronensonde von 10^{-5} mm Dmr. das Objekt abtastet. Das Bild wird weiter, ähnlich wie ein Fernsehbild, sichtbar gemacht. Die für die Leuchtschirme benutzten Luminophore wurden auf ihre Ausleuchtung systematisch genau untersucht. Diese Stoffe dienen jetzt auch dazu, in Gasentladungslampen die Lichtfarbe durch Strahlungsumwandlung in ihnen zu beeinflussen. Zur Erregung nimmt man meist die im Ultravioletten liegende Resonanzstrahlung des Quecksilbers und erreicht ein gut weißes Licht bis zu 35 Hlm/W. Die Leuchtdichte in diesen Entladungslampen kann man durch hohe Drücke im Innern bis auf über 70 000 IK/cm² steigern, wobei sich Werte von 30 000 IK/cm² bei 50 Hlm/W technisch verwirklichen lassen. Einen Lichtstrom von nahezu kreisförmigem Querschnitt erhält man dabei durch Anwendung von drei und mehr Elektroden in der Hochdruckentladung. Der Ansatzpunkt des Lichtbogens wandert dabei schnell von einer Elektrode zur anderen. Diese hohen genannten Ausbeutezahlen lassen sich nur erreichen, nachdem man durch eingehende, mehr theoretisch gerichtete Untersuchungen die ganzen Anregungsbedingungen in einer Hochdruckentladung studiert hatte. Hierbei lernte man, die energieverzehrenden Übergänge in den Atomen ohne Ausstrahlung technisch brauchbarer Linien zurückzuhalten.

Die Physik der Atomkerne war weiterhin ein sehr lebhaft und auch erfolgreich behandeltes Arbeitsgebiet. Hier ist einmal eine Vermehrung der experimentellen Möglichkeiten durch Schaffung von Hochspannungsanlagen für mehrere Mill Volt vorgenommen. Benutzt werden Van-de-Graaff-Maschinen, die nach dem Prinzip einer Elektrisiermaschine arbeiten; ferner Hochspannungsgleichrichter mit Ventilröhren und Kondensatoren zur Spannungsteilung für die Röhren; sie haben den Vorteil der größeren Stromlieferung. Auch Zyklotrons wurden mehrfach eingesetzt. Hier muß beim Bau der großen und hohen Magnetfelder schon der Starkstromtechniker helfend eingreifen. Die statischen Geräte wurden in luftdichte Tanks mit bis 7 at Überdruck eingebaut[2]). Man kommt damit bei den hohen Spannungen zu handlicheren Abmessungen; trotzdem ergeben sich durch diese Spannungsquellen für ein Kernphysiklaboratorium noch erhebliche Abmessungen. Man kommt zu Turmbauten wie im Max-Planck-Institut in Berlin-Dahlem und im Carnegie-Institut in Washington. Die Untersuchungen der Kernphysik erstreckten sich auf folgende Punkte: Genaue Messung der Energieänderung beim Kernzerfall, Fest-

[1]) M. v. Ardenne, Z. Phys. 109 (1938) S. 553; ETZ 59 (1938) S. 1095.

[2]) E. U. Condon, ETZ 59 (1938) S. 1039.

stellung der Änderung der Kerne oder Kernfragmente mit der auffallenden Energie, die Art des Zerfalls und das Auftreten instabiler Kerne und damit künstlicher Radioaktivität, die saubere Identifizierung der Endprodukte und die Verteilung der Energie auf die einzelnen Partikel beim Zerfall. Man hat auf dieser Grundlage eine Reihe beachtlicher Erfolge zu verzeichnen. Bei der Isomerie findet sich bei demselben Kern gleicher Kernladungszahl radioaktiver Zerfall mit zwei verschiedenen Halbwertszeiten. Die wirkungsvollsten Strahlen sind solche aus Neutronen. Von Hahn und Straßmann[3]) wurden Neutronen in Urankerne geschossen. Es bilden sich dabei sogenannte Transurane. Dabei können diese schweren Urankerne infolge der durch das Neutron in den Kern gebrachten Energie zerspalten. Als Bruchstücke finden sich jetzt auf chemischem Wege Xenon- und Strontium-Kerne. Dabei fliegen die Bruchstücke mit einer etwa zehnmal größeren Energie auseinander, als bisher bei einem Kernvorgang bekannt war. Diese Gesamtenergie von etwa 180 MeV entsteht aus der bei der Uranzerspaltung überschüssig gewordenen Masse. Dieser Massendefekt gibt den Spaltprodukten Energien von insgesamt 130 MeV, die sich wahrscheinlich auf einige Gruppen zwischen 33 und 95 MeV verteilen. Es bleiben jetzt noch 50 MeV für Ausstrahlung einer Gammastrahlung oder für die Abgabe einer größeren Zahl von Neutronen. Da die mittelschweren Kerne meist radioaktiv sind, ergeben sich weitere wichtige experimentelle Möglichkeiten.

Bei der Beobachtung der Energieverteilung kam man zu einer Spektroskopie der Atomkerne. Der im Grundzustand befindliche Anfangskern bildet beim Beschuß einen Zwischenkern meist ziemlich hohen Anregungszustandes, aus dem dann unter Aussendung eines Teilchens der Endkern gebildet wird. Hierbei tritt für bestimmte Energien der Anregung eine fast resonanzartige Reaktion auf.

Die Vervollkommnung der Massenspektrographen durch Doppelfokussierung erlaubt nach Mattauch[4]) Präzisionsmessungen von Isotopengewichten nach der Dublettmethode. Man kommt damit zur experimentellen Bestimmung der Massendefekte mit einer hohen Präzision und kann damit die beim Zerfall freiwerdende Energie genau erfassen. Einen Begriff von der Genauigkeit gibt die Größe der Masse des Neutrons mit $n = 1{,}008\,95 \pm 0{,}000\,03$ und des Wasserstoffs $^1H = 1{,}008\,132 \pm 0{,}000\,038$. Auch Isotopen im Verhältnis von 1 : 50 000 können massenspektrographisch nachgewiesen werden.

Bei der Ultrastrahlung fand man für Höhen mit Luftdrücken von 100 mm und mehr keine Abhängigkeit ihrer Größe von der erdmagnetischen Breite. Bei kleineren Drücken von 10 bis 30 mm ist die Strahlung in höheren magnetischen Breiten größer, zwischen 50 und 90° ändert sich ihr Betrag nicht. Man kann daraus auf die Wirksamkeit des erdmagnetischen bzw. äußeren Magnetfeldes schließen. In der Strahlung hat man jetzt noch eine neue Art von Elektronen nachgewiesen, nämlich von solchen mit einer +- oder —-Ladung von $4{,}8 \cdot 10^{-10}$ E.St.E., versehen mit einer 130- bis 200mal so großen Masse wie ein gewöhnliches Elektron. Diese schweren Elektronen sind sehr kurzlebig, sie sollen in ein gewöhnliches Elektron und ein Neutrino zerfallen. Eine Mehrfachzertrümmerung von Atomkernen durch die Ultrastrahlung wurde in der Emulsion photographischer Schichten festgestellt. Die ausgesandten Kerntrümmer erzeugen Bahnspuren, von denen bis zu 14 bei einer Zertrümmerung gezählt wurden. Die Energieverteilung der Teilchen zeigt ein stetes Anwachsen ihrer Zahl gegen die untere Grenze von etwa 1 MeV. Die Summe der Protonenenergie je Zertrümmerung reicht bis zu 130 MeV. Bei den Untersuchungen der Kernphysik und Ultrastrahlung spielt das Zählrohr eine große Rolle. Man hat jetzt festgestellt, daß die Entladung in dem Rohr infolge statistischer Schwankungen in der Elektronennachlieferung von der Kathode abreißt. Wenn in einer Zeit, die größer als die mittlere Laufzeit der Elektronen ist, kein Elektron an der Kathode ausgelöst wird, erlischt die Entladung. Die Elektronen werden an der Kathode photoelektrisch befreit.

Die für die Ernährung wichtige Festlegung des Gehaltes an Kali und Phosphorsäure im Ackerboden kann man physikalisch in wenigen Sekunden durchführen. In einer Azetylen-Luftflamme mit geringen Bodenbeimischungen tritt eine rote K-Linie auf, die — mit einer Photozelle ausgemessen — unmittelbar den Kaligehalt auf 0,5 % genau anzeigt. Die Phosphorsäure wird absorptionskalorimetrisch auf 0,2 % genau gemessen. Die Einwirkung von Strahlung auf Lebewesen wurde an Drosophila-Eiern studiert, wobei die Röntgenstrahlung gröbere Effekte und Zerstörungen lieferte, die Ultraviolettstrahlung am Zellkern feinere Umwandlungen (Gen-Mutationen). Die Messung und Aufzeichnung kleinster Gleichspannungen gelingt mit einem lichtelektrischen Kompensator mit einer Spannungskonstante von 0,25 µV, die der eines Superspiegelgalvanometers nur bei merklich geringerem Leistungsaufwand entspricht.

Auf dem Gebiete der Elektroakustik steht für die Aufzeichnung von Schall eine Reihe von Verfahren zur Verfügung, die im Rundfunk mit großem Erfolg eingesetzt werden. Die Frequenzkurven, die Dynamik sowie die objektive und subjektive Störspannung sind für das Wachsverfahren, die normale Schwarzplatte, die Schallfolie, das Stahlband, den Schallfilm und das Magnetophon in vergleichbarer Form festgestellt. Außer den genannten ist auch das Philips-Miller-System zur Tonaufzeichnung auf einen Tonfilm mit mechanischen Mitteln weiter untersucht worden. Die Änderungen von Tonhöhen sind nicht allein für die Phonetik, sondern auch die Übertragungstechnik wichtig. Außer dem Tonhöhenschreiber ist noch ein Tonschwankungsschreiber entwickelt, welcher eine Änderung der Amplitudenmodulation von 0,03 bis 10 % und eine Frequenzmodulation von 0,01 bis 3 % anzeigt. An Kohlemikrophonen wurden eingehende Messungen des Widerstandes und der Aussteuerung bei geänderten Temperaturen und Luftdruck ausgeführt. Durch sie wurden Oberflächenschichten an Kohle- und Graphitgrieß festgestellt, die aus festen Oxyden von Kohlenstoff bestehen und bei Temperaturen um 1000 °C zerfallen. — Die vielfältigen Untersuchungen mit Ultraschall[5]) ergaben Feststellungen über die Eindringtiefe verschiedener Frequenzen und ihre Absorption im Gewebe des menschlichen Körpers. Es ergaben sich dabei auch medizinisch wirksame Behandlungen von Neuralgien. Die Wirkung ist jedoch nicht eindeutig festgelegt. Unter Umständen können auch Schädigungen auftreten. Bemerkenswert ist noch die Anwendung des Ultraschalls bei Werkstoffuntersuchungen, wobei sich bei einer Frequenz von 20 kHz bereits nach 200 min an einem frisch gegossenen Zementbalken eine Reaktion bemerkbar macht, die nach 800 min abgeschlossen ist.

Die Fragen der Geräuschbekämpfung führten zu einer Verbesserung der zur Messung zur Verfügung stehenden Geräte, dann aber auch zu weitgehenden Einzeluntersuchungen, z. B. über die an bewegten Profilen und Luftschrauben auftretenden Erscheinungen. — Im allgemeinen werden heute in Fabrikbetrieben weitgehende Forderungen an Lärmfreiheit gestellt. Die interessierten Fachkreise wurden durch Vorträge und Ausstellungen im einzelnen unterrichtet.

---

[3]) Hahn u. Straßmann, Naturwiss. 27 (1939) S. 11.
[4]) Mattauch, Z. techn. Phys. 19 (1938) S. 578.
[5]) Vgl. a. E. C. Metschl, ETZ 60 (1939) H. 2, S. 33.

Elektrochemie.

DK 621.35

Auch im Jahre 1938 hat die Elektrolytkupfer-Erzeugung, insbesondere in Europa, an Umfang wiederum zugenommen. Eine neue Kupferraffinerie wurde von der Comp. française des Mines de Bor in Bor, Jugoslawien, in Betrieb genommen. Die von der Firma Siemens & Halske gebaute Anlage hat eine Tagesleistung von 33 t. Bei den Industrialisierungsbestrebungen, namentlich der Balkanländer, dürfte mit einem weiteren Anwachsen der europäischen Produktion an Elektrolytkupfer zu rechnen sein. Über die Einrichtungen und die bisherigen Betriebserfahrungen der 1935 in Betrieb genommenen ersten afrikanischen Kupferraffinerie (100 t Tagesleistung) der Rhokana Corporation Limited in Nkana (Nord-Rhodesien) wurde im vergangenen Jahr ausführlich berichtet[1]).

Unter dem Gesichtspunkt der Werkstoffeinsparung wurden in letzter Zeit Verfahren zur Wiedergewinnung der Einzelbestandteile von Verbundmetallen, insbesondere von Eisen und Kupfer, Eisen und Tombak, Eisen und Messing und Aluminium und Kupfer, ausgearbeitet[2]). Diese sogenannte „Schrottelektrolyse" wird in ammoniakalischen oder zyankalischen Elektrolyten durchgeführt und ergibt reines Elektrolytkupfer und hochwertigen Eisen- oder Aluminiumschrott. Aus dem Zyanidbade können auch unmittelbar Kupfer-Zink-Legierungen abgeschieden werden.

Die elektrolytische Raffination von Aluminium hat einen neuen hochwertigen Werkstoff, das sogenannte „Raffinade-Aluminium", geschaffen (Reinheitsgrad bis 99,998 %). In der Verformbarkeit kommt er den weichen Metallen Blei und Zinn bereits nahe, in der Korrosionsbeständigkeit übertrifft er normales Hüttenaluminium beträchtlich; so ist er nahezu salzsäurebeständig.

Mit der sprunghaften weiteren Steigerung der Erzeugung von Hüttenaluminium rückte Deutschland im vergangenen Jahre an die erste Stelle in der Weltproduktion. Für die Versorgung der Aluminiumhütten mit elektrischem Strom wurden in Deutschland etwa 4,5 Mrd kWh benötigt.

In der Galvanotechnik gewinnt die galvanische Verzinkung immer mehr Bedeutung. Die durch weitere Entwicklung vervollkommnete galvanische Verzinkung leistet heute mindestens das gleiche wie die wesentlich teuere galvanische Kadmierung[3]), die sie, z. B. in V. S. Amerika, schon weitgehend verdrängt hat. Die galvanische Verzinkung und auch die Verzinnung treten mehr und mehr an die Stelle der entsprechenden Feuermetallisierungsverfahren, zumal die galvanischen Überzüge größere Duktilität aufweisen.

Die Hartverchromung hat dank der hohen Verschleißfestigkeit der Chromüberzüge in steigendem Umfange Eingang in die Bearbeitungstechnik (Werkzeuge) und in die verschiedensten Zweige der Elektro- und Maschinenindustrie (für hochbeanspruchte Maschinenteile) gefunden. Auch die anodische Oxydation von Aluminium und seinen Legierungen erobert sich ständig neue Anwendungsgebiete. In den V. S. Amerika werden bereits mehr als etwa 10 % des erzeugten Aluminiums bzw. der Al-Legierungen oxydiert. In Deutschland hat sich als neues großes Anwendungsgebiet die Bautechnik ergeben[4]). Die Eloxalschichten haben den erhöhten Anforderungen an Aussehen und Haltbarkeit metallischer Bau- und Beschlagteile vollkommen entsprechen können. Eloxiertes Aluminium ist daher neuerdings auch bei einer Reihe öffentlicher Gebäude, insbesondere in der Reichskanzlei, an Stelle von anderen Metallen im großen Umfang eingebaut worden.

Große technische Bedeutung hat bei der ständig steigenden Stahl- und Eisenproduktion aller Industrieländer die elektrolytische Entzunderung von Stahl und Eisen gewonnen. Das elektrolytische Verfahren hat gegenüber den chemischen Prozessen den Vorteil einer wesentlichen Zeitersparnis und einer erheblichen Herabsetzung der bisher immer noch beträchtlichen Verluste an metallischem Eisen[5]).

1) A. E. Wheeler u. H. Y. Eagle, Metall u. Erz 36 (1939) H. 6, S. 158.
2) Vorträge von J. Baisch u. C. Scharwächter auf der Arbeitstagung der Wirtschaftsgruppe NE-Metalle am 3. 3. 39 in Berlin; Ber. in Metall u. Erz 36 (1939) H. 6, S. 173.
3) H. Fischer u. H. Baermann, Korrosion u. Metallsch. 14 (1938) S. 356.
4) Aluminium-Z. 20 (1938) S. 8.
5) W. Machu, Korrosion u. Metallsch. 15 (1939) H. 4, S. 105.

Haushalt-Elektrowärme.

DK 621.365.453

Die Bestrebungen, in der Elektrowärme für den Haushalt Heizleiterstoffe mit niederem Nickelgehalt oder solche ganz ohne Nickel zu verwenden, sind fortgesetzt worden und haben zu Erfolgen geführt. Wesentlich dazu beigetragen haben die Untersuchungen in den Instituten für Elektrowärmetechnik der Technischen Hochschule Hannover und der Vereinigten Institute für Wärmetechnik in Essen. Ferner hat die Umstellung auf Heimstoffe die Entwicklung von Herden und Bratöfen mit Wänden aus Feinsteingut bzw. Isolierstoff und von Doppelkochplatten mit Hartsteingutgehäusen zur Folge gehabt. Auch sind Strahlöfen mit keramischem[1]) und solche mit Aluminiumgehäuse[2]) auf den Markt gebracht worden.

Im Elektroherdbau sind Bratöfen mit zusätzlichen Grillheizkörpern in den verschiedensten Schaltungen herausgekommen. Dem geregelten Bratrohr[3]) wurde lebhafte Aufmerksamkeit zugewandt. Bei den Kochplatten ist die Entwicklung sowohl in Richtung der Voll- wie der Leicht- und Strahlungskochplatte weiter gediehen; die Frage, wann vorteilhaft Massekochplatten oder Strahlungskochplatten verwendet werden, wurde erneut untersucht[4]). Neue Formen von Tauchsiedern mit großer Leistung[5]), Bügeleisen[6]) mit neuartiger Isolation des Heizleiters u. a. sind herausgekommen. Die neuen VDE-Vorschriften für schmiegsame Elektrowärmegeräte[7]) haben die Entwicklung von neuen Heizkissen wesentlich gefördert.

In der elektrischen Heißwasserversorgung ist man dazu übergegangen, Kleinspeicher bis etwa 10 l Inhalt[8]) nur noch aus Porzellan herzustellen, während die Innenbehälter der größeren Speicher für 30, 80, 100 l usw. aus Porzellan, Glas[9]) oder kupferplattiertem Eisenblech bzw. hochfestem Kupfer hergestellt werden. Auch die Anwendung der elektrischen Raumheizung[10]) kann erhebliche Fortschritte aufweisen; beigetragen dazu hat die Entwicklung neuer Heizkabel[11]).

1) ETZ 60 (1939) H. 9, S. 285.
2) ETZ 60 (1939) H. 9, S. 284.
3) Elektrizitätswirtsch. 38 (1939) S. 70.
4) Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 120.
5) ETZ 60 (1939) H. 9, S. 284.
6) ETZ 60 (1939) H. 9, S. 283.
7) VDE 0725/XII. 38.
8) ETZ 60 (1939) H. 9, S. 284; Elektrizitätswirtsch. 37 (1938) S. 63.
9) ETZ 60 (1939) H. 9, S. 284.
10) Elektrizitätswirtsch. 37 (1938) S. 439, 444.
11) ETZ 60 (1939) H. 9, S. 282.

Tätigkeitsbericht des VDE 1938/39.

Von **Heinz Blendermann VDE,** Berlin,

Geschäftsführer des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Das Jahr 1938 wird in der Geschichte des deutschen Volkes stets eine besondere Bedeutung erhalten, hat es doch die Erfüllung einer jahrhundertealten Sehnsucht gebracht: die Schaffung eines Großdeutschen Reiches. Der Entschlußkraft und dem unbeugsamen Willen des Führers ist es gelungen, nicht nur die Ostmark ins Reich zurückzuführen — kurze Zeit später brachte er die sudetendeutsche Frage zu dem Abschluß, der nach dem Volkstumsgrundsatz die einzig mögliche Lösung darstellte. Die Schaffung des Reichsprotektorats Böhmen und Mähren und die Rückkehr des Memellandes sind weitere Erfolge, die die unauslöschliche Bedeutung des zu betrachtenden Zeitraumes für die deutsche Geschichte bedingen.

Es ist selbstverständlich, daß bei der gewaltigen Aufwärtsentwicklung die deutsche Technik nicht abseits gestanden hat, sondern daß sie alle Kräfte anspannte, um den von ihr erwarteten Beitrag zu liefern. Eine Rückschau auf die ersten sechs Jahre des Dritten Reiches bestätigt den Erfolg dieser Bemühungen. Zu den meisten Erfolgen hat die deutsche Technik einen großen Anteil beigesteuert. Diese Leistungen der Technik haben auch die verdiente Anerkennung gefunden. Anläßlich des Reichsparteitages „Großdeutschland" im September 1938 hat der Führer selbst die deutsche Technik dadurch geehrt, daß er vier ihrer besten Vertreter den Nationalpreis des deutschen Volkes verlieh[1]). Hier wurde die Leistung dieser Männer Symbol für die Leistung der gesamten deutschen Technik, der der Führer seine Anerkennung für ihre Arbeit aussprach.

Die deutsche Technik kann rückblickend auf ihre Erfolge in den letzten Jahren wohl einen berechtigten Stolz empfinden. Gleichzeitig leitet sich jedoch daraus die Verpflichtung ab, die bisherigen Leistungen womöglich noch weiter zu steigern, wie es der Reichswalter des NSBDT., Prof. Dr.-Ing. Todt, anläßlich des letzten Jahreswechsels vorgezeichnet hat[2]).

Es wird im Ausland hier und da als „das deutsche Wunder" bezeichnet, daß dort, wo noch vor wenigen Jahren das dringendste Problem darin bestand, die Millionenzahl von Arbeitslosen in den Produktionsgang einzureihen, heute ein fühlbarer Mangel an Arbeitskräften herrscht. Es ist ein weiteres Kennzeichen des vergangenen Jahres, daß das neue Problem der Leistungssteigerung erstmalig in Erscheinung trat. Alle Mittel der Rationalisierung, Normung, Verkürzung der Lehr- und Ausbildungszeiten u. dgl. werden angewendet, um Menschen für höherwertige Arbeiten freizubekommen. Bei diesem Bedarf an bestgeeigneten Arbeitskräften ist die berufliche Weiterbildung, Vertiefung der Kenntnisse und eine zweckentsprechende Auslese eine der wichtigsten Aufgaben, der u. a. auch der Reichsberufswettkampf aller schaffenden Deutschen dient.

Die deutsche Elektrotechnik und mit ihr der VDE haben sich für die ihnen zufallenden Aufgaben voll eingesetzt und sind stolz darauf, zu ihrem Teil an den Erfolgen mit beigetragen zu haben. Als technisch-wissenschaftlicher Fachverein des NSBDT. hat der VDE seine Aufgaben durchgeführt. Er stellt weiterhin die Vertretung der deutschen Elektrotechnik dem In- und Auslande gegenüber dar und ist als solche die berufene Stelle, Vorschriften und Normen für das Gebiet der Elektrotechnik auszuarbeiten. Über Einzelheiten aus diesen umfangreichen Arbeitsgebieten soll nachstehend berichtet werden.

[1]) Rdsch. dtsch. Techn. 18 (1938) Nr. 37.

[2]) Rdsch. dtsch. Techn. 19 (1939) Nr. 1.

Der VDE als Vorschriften- und Normenstelle.

Anerkennung der VDE-Bestimmungen.

Durch die Zweite Durchführungsverordnung zum Energiewirtschaftsgesetz vom 31. August 1937 wurden die VDE-Bestimmungen als anerkannte Regeln der Elektrotechnik festgelegt, nach denen elektrische Energieanlagen und Energieverbrauchsgeräte einzurichten und zu unterhalten sind. Damit fand eine Entwicklung ihren vorläufigen Abschluß, die bereits bald nach der Aufstellung der ersten VDE-Bestimmungen im Jahre 1897 ihren Anfang genommen hatte. Damals hatte der VDE bei 14 deutschen Länderregierungen die ausdrückliche Anerkennung seiner Sicherheitsvorschriften erwirkt; durch die Zweite Durchführungsverordnung zum Energiewirtschaftsgesetz wurde diese Anerkennung erstmalig allgemein für die VDE-Bestimmungen für das gesamte Reichsgebiet ausgesprochen.

Durch die Eingliederung der Ostmark in das Reich war für dieses Gebiet insofern eine Neuregelung erforderlich, als dort bisher ausschließlich die Vorschriften des Elektrotechnischen Vereins Wien (EVW) Gültigkeit hatten und durch Gesetz verankert waren. Durch Erlaß des Ministers für Handel und Verkehr in Wien vom 12. 5. 1938 und des Ministers für Wirtschaft und Arbeit vom 15. 10. 1938 wurde die Gültigkeit der VDE-Bestimmungen auf die Ostmark ausgedehnt[1]). Für die sudetendeutschen Gebiete wurde durch Erlaß des Reichswirtschaftsministers und des Reichsministers des Innern vom 25. 4. 1939 die Zweite Durchführungsverordnung zum Energiewirtschaftsgesetz mit der Maßgabe in Kraft gesetzt, daß bis zum 31. 12. 1940 elektrische Anlagen auch nach den Vorschriften des Böhmisch-Mährischen Elektrotechnischen Vereins (ESČ) ausgeführt werden können[2]). Damit haben die VDE-Vorschriften für das Gesamtgebiet des Großdeutschen Reiches Gültigkeit erlangt.

Außerdem wurden die VDE-Bestimmungen in zahlreichen Ministerialerlassen und Polizeiverordnungen verankert und ihre Nichtbefolgung z. T. unter Strafe gestellt.

[1]) ETZ 59 (1938) S. 763 bzw. 1195.

[2]) Reichsgesetzbl. 1939, I. Nr. 80, S. 843.

Es ist ein erfreuliches Zeichen für die objektive und unparteiische Arbeitsweise des VDE, daß die in Gemeinschaftsarbeit aller Kreise der deutschen Elektrotechnik aufgestellten VDE-Bestimmungen von den Behörden ohne weiteres als Grundlage für die Ausübung staatlicher Hoheitsrechte verwendet werden können.

Arbeiten von allgemeiner Bedeutung.

Der Ausschuß im VDE für den Vierjahresplan behandelte Vorschläge und Anregungen, die zum Teil wertvolle Ergebnisse für die weiteren Arbeiten des VDE brachten. — Auch in diesem Jahre wurde wieder eine Reihe von Umstellungsbestimmungen, insbesondere auf dem Gebiet der Leitungen und Kabel, ergänzt oder neu aufgestellt[3]). Auf diese Weise nimmt der VDE teil an dem lebendigen Wachsen der deutschen Elektrotechnik im Rahmen des Vierjahresplanes. Die fortschreitende Entwicklung der Technik und die dadurch gewonnenen Erkenntnisse ermöglichten es, z. B. auf dem Gebiete der Aluminiumleitungen, mit den Umstellvorschriften für bestimmte Anwendungsbereiche aus dem Versuchsstadium herauszutreten[4]).

Anläßlich der Leipziger Messe fand wieder eine VDE-Tagung statt, auf der u. a. auch über Austauschwerkstoffe, Kunststoffe und Leichtmetalle berichtet wurde[5]). In Veröffentlichungen in Zeitschriften anderer Fachkreise außerhalb der Elektrotechnik wurde über die Umstellarbeiten des VDE berichtet.

Der Ausschuß für Korrosionsfragen hatte eine Reihe von Versuchen angesetzt, um eine weitere Klärung der Frage der Korrosionserscheinungen von Kupfer-Aluminium-Zusammenschaltungen unter Berücksichtigung verschiedener Einflüsse herbeizuführen. Einige dieser Versuche wurden zu einem vorläufigen Abschluß gebracht und zeigten wertvolle Ergebnisse, die den weiteren Arbeiten der VDE-Ausschüsse zugrunde gelegt werden sollen. Durch die Austauschwerkstoffe im Rahmen der Umstellvorschriften nehmen die Korrosionsfragen in Zusammenhang mit den VDE-Vorschriften eine immer weiter steigende Bedeutung ein. — Die vom Deutschen Ausschuß für die Materialprüfungen der Technik (DVM) und vom Korrosionsausschuß des Vereins Deutscher Chemiker augearbeiteten Normblattentwürfe für Korrosionsprüfungen wurden hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Elektrotechnik überprüft. — Weiterhin hat sich der VDE an der Korrosionstagung 1938 beteiligt, die von der Arbeitsgemeinschaft auf dem Gebiete der Korrosion und des Korrosionsschutzes veranstaltet wurde.

Der Ausschuß für Schaltbilder hat die auf Grund der Entwürfe[6]) eingegangenen Vorschläge und Anregungen für die Neuausgabe der Normblätter DIN VDE 709 bis 719 bearbeitet. Inzwischen hatte auch die IEC-Tagung 1938 stattgefunden, bei der die deutschen Delegierten eine Reihe von Neuerungen des deutschen Entwurfes in den IEC-Regeln für Schaltzeichen zur Annahme bringen konnten[7]). Dadurch wurde der Abschluß der deutschen Neubearbeitung wesentlich erleichtert, denn eine Einführung von Neuerungen in den deutschen Normblättern hätte wenig Sinn, wenn nicht auch international die gleichen Neuerungen eingeführt würden. Die Normblätter DIN VDE 710 bis 717, die die gesamten Schaltzeichen für Starkstromanlagen enthalten, sind verabschiedet und werden Mitte 1939 als Neuausgaben erscheinen. Die Neubearbeitung der Normblätter DIN VDE 718 und 719, die die Darstellung von Plänen behandelt, wird ebenfalls in der nächsten Zeit abgeschlossen werden.

Der Arbeitsausschuß für Fernmeldeschaltzeichen, der vor etwa einem Jahr zur Neubearbeitung von DIN VDE 700 eingesetzt worden ist, wird in Kürze einen Neuentwurf veröffentlichen. Bei diesem Neuentwurf wurden die gesamten Schaltzeichen der Fernmeldetechnik vereinheitlicht und mit denen der Starkstromtechnik und den IEC-Schaltzeichen nach Möglichkeit in Einklang gebracht.

Der Ausschuß für Klemmenbezeichnungen brachte die Neubearbeitung von VDE 0570 „Regeln für Klemmenbezeichnungen" zum Abschluß[8]). Ein Entwurf zu Ergänzungen und Änderungen dieser Regeln betreffend Schutzleitungsklemmen und polumschaltbare Drehstrommotoren wurde veröffentlicht[9]). Außerdem wurde ein Normblattentwurf DIN VDE 11 „Erdungszeichen" bekanntgegeben[10]). Die Stellungnahme zu den Arbeiten des IEC-Ausschusses „Klemmenbezeichnungen"[11]) erforderte eingehende Beratungen, deren Ergebnisse noch nicht abgeschlossen sind.

Der Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen (AEF) veranstaltete im Oktober 1938 wie üblich seine Herbsttagung im VDE-Haus, bei der ein Überblick über die geleisteten Arbeiten gegeben wurde. Folgende Arbeiten sind als Normblätter erschienen: „Gewicht, Masse, Menge", „Dichte und Wichte", „Winkeleinheiten, Winkelteilungen", „Formelgrößen und Einheiten der Wärmelehre und Wärmetechnik" (DIN 1305, 1306, 1315, 1345). Außerdem wurde eine Reihe von Arbeiten so weit gefördert, daß sie in Kürze als Normblätter erscheinen können; hierbei handelt es sich im wesentlichen um folgende Normblattentwürfe: DIN 1311, 1314, 1318, 1319, 1320, 1329, 1332 (= DIN VDE 121), 1336, 1338, 1343, 1347 (= DIN VDE 115), 1348, 1349[12]). Es wurde erstmalig festgelegt, daß solche Normblätter, die ausschließlich das Gebiet der Elektrotechnik berühren, als DIN VDE-Normblätter erscheinen. Außerdem wurde eine Reihe weiterer Arbeiten so weit fertiggestellt, daß sie demnächst in der ETZ als Entwurf veröffentlicht werden können. — In den IEC-Ausschüssen „Elektrische und magnetische Größen und Einheiten" und „Formelzeichen" war der AEF vertreten[13]).

Errichtung und Betrieb elektrischer Anlagen.

Die bereits seit längerer Zeit laufenden Vorarbeiten zur Neuherausgabe der Errichtungsvorschriften wurden weitergeführt, doch konnte ein veröffentlichungsreifer Entwurf noch nicht fertiggestellt werden. Statt dessen wurden an der bisherigen Fassung der Errichtungsvorschriften mehrere Änderungen vorgenommen, die durch die fortschreitende Entwicklung der Technik bedingt waren[14]).

Der Ausschuß für Theateranlagen hat einen Entwurf zu VDE 0108 „Vorschriften für elektrische Anlagen in Theatern und Versammlungsräumen, Geschäftshäusern und fliegenden Bauten" veröffentlicht[15]). Eine Ergänzung zu diesem Entwurf, der die Sonderbestimmungen für fliegende Bauten, wie Wanderzirkusse, Schaustellungen, Jahrmärkte, Messen und Ausstellungen enthält, wurde noch späterhin bekanntgegeben[16]). Diese Vorschriften sind in engster Zusammenarbeit mit den Baupolizeibehörden aufgestellt worden und sollen als Grundlage zu einer für das ganze Reich einheitlichen Polizeiverordnung für derartige Anlagen dienen. In die Polizeiverordnung über elektrische Starkstromanlagen vom 24. 2. 1939 für das Gebiet der freien Stadt Hamburg[17]) wurden die bisherigen Arbeiten des VDE-Ausschusses für Theateranlagen bereits übernommen.

Der Unterausschuß Schlagwetterschutz des Ausschusses für Bergwerksanlagen hat eine Neufassung von VDE 0170 „Vorschriften für die Ausführung schlag-

---

[3]) VDE 0270 U, ETZ 60 (1939) S. 424; VDE 0880, ETZ 60 (1939) S. 422.
[4]) Änderung von VDE 0250 U, § 2b, ETZ 60 (1939) S. 527.
[5]) N. Lieber, ETZ 60 (1939) S. 483.
[6]) ETZ 59 (1938) S. 125 u. 454.
[7]) ETZ 59 (1938) S. 1291 (IEC-Bericht).
[8]) ETZ 59 (1938) S. 941 und 1212, 60 (1939) S. 511.
[9]) ETZ 60 (1939) S. 511.
[10]) ETZ 59 (1938) S. 733.
[11]) ETZ 59 (1938) S. 1330 (IEC-Bericht).
[12]) Siehe VDE-Vorschriftenbuch, 22. Aufl., S. 1256/58.
[13]) ETZ 59 (1938) S. 1350.
[14]) ETZ 59 (1938) S. 705 u. 1183, 60 (1939) S. 615.
[15]) ETZ 59 (1938) S. 777.
[16]) ETZ 60 (1939) S. 527.
[17]) Hamburgisches Verordnungsblatt Nr. 7 v. 26. 2. 1939.

wettergeschützter elektrischer Maschinen, Transformatoren und Geräte" fertiggestellt[18]). Ein einführender Aufsatz des Ausschußvorsitzenden gab nähere Erläuterungen über den Zweck der Neubearbeitung und die wesentlichen Abweichungen gegenüber der bisherigen Fassung.

In enger Zusammenarbeit mit dem Ausschuß für Bergwerksanlagen wurden die Arbeiten des Ausschusses für Explosionsschutz weitergeführt. Der Entwurf zu einer neuen Arbeit VDE 0171 „Vorschriften für die Ausführung explosionsgeschützter elektrischer Maschinen, Transformatoren und Geräte" konnte in der ETZ veröffentlicht werden[19]). Das Heft der ETZ, in dem der Entwurf dieser neuen umfangreichen Vorschriften erschien, wurde als Sonderheft über die Fragen des Explosionsschutzes ausgestaltet. — Im Zusammenhang mit diesen Arbeiten wird auch VDE 0165 „Leitsätze für die Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten und Lagerräumen" einer Neubearbeitung unterzogen werden müssen, um die neuen Erkenntnisse nun auch in diesen Errichtungsvorschriften zu berücksichtigen.

Der Ausschuß für Bahnwesen hatte keine großen Arbeiten durchzuführen, er veröffentlichte lediglich einen Normblattentwurf DIN VDE 3164 „Schäkel"[21]), der von der Normgruppe Bahnen der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie vorbereitet war.

Der Ausschuß für Freileitungen brauchte nur geringfügige Änderungen an VDE 0210 „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen" vorzunehmen[20]). Noch nicht abgeschlossen ist die Frage der Berechnung von Mastfundamenten. Die hierfür angestellten umfangreichen Mastumbruchversuche haben aber bereits wertvolle Ergebnisse gezeigt. — Die im September 1938 mit einer Anordnung des Reichswirtschaftsministers erschienenen „Richtlinien über Kreuzung der Reichsautobahnen mit Elektrizitätsversorgungsanlagen"[21]) wurden in entsprechender Weise in die Vorschriften eingebaut.

Die Neubearbeitung von VDE 0141 „Regeln für Erdung in Wechselspannungsanlagen über 1000 V" ist nach Durchführung von ergänzenden Versuchen zu einem vorläufigen Abschluß gebracht worden. In dem neuen Entwurf wird nicht nur wie bisher die Schutzerdung behandelt, sondern auch die Betriebs- und Blitzschutzerdung.

Der Ausschuß für Überspannungsschutz beabsichtigt, nunmehr auch den Einbau von Überspannungsschutzgeräten (VDE 0145) zu behandeln. Fernerhin ist vorgesehen, in Zusammenarbeit mit anderen Ausschüssen den gesamten Fragenkomplex Blitzschutz und Starkstrom erneut aufzunehmen.

Aus der starken Nachfrage nach den im vorigen Jahre neu bearbeiteten „Leitsätzen für den Schutz der Gebäude gegen Blitz" ist zu ersehen, wie wichtig die Neubearbeitung dieser Leitsätze durch den Ausschuß für Blitzableiterbau (ABB) gewesen ist.

Fernmelde- und Hochfrequenztechnik.

Die in Neubearbeitung befindlichen „Vorschriften für Fernmeldegeräte" (VDE 0804) wurden im Berichtsjahr so weit fertiggestellt, daß der Entwurf der Neufassung in der ETZ veröffentlicht werden konnte[22]). Die Vorschriften sollen durch Sonderbestimmungen für Fernmeldegeräte in Flugzeugen ergänzt werden, an die erhöhte Anforderungen gestellt werden.

Die Neubearbeitung von VDE 0804 macht auch eine solche von VDE 0800 „Vorschriften und Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen" erforderlich. Diese Arbeiten sind bereits so weit gediehen, daß ein Vorentwurf fertiggestellt wurde.

Einer dringenden Überarbeitung bedürfen auch die „Sicherheitsvorschriften für Hochfrequenz-Telephonie in Verbindung mit Hochspannungsanlagen" (VDE 0850). Diese Überarbeitung ist bereits im Gange und wird voraussichtlich Ende 1939 zur Veröffentlichung eines Entwurfs führen.

Der Ausschuß für Schwachstrombeeinflussung hat „Leitsätze für Maßnahmen an Fernmeldeanlagen und Bahnanlagen mit Gleichrichterspeisung im Hinblick auf gegenseitige Näherung" im Entwurf so weit fertiggestellt, daß vor der Veröffentlichung nur noch einige, allerdings ziemlich schwierige Fragen zu klären sind, wie z. B. die Festlegung der zulässigen Geräusch-EMK und der zulässigen Erdunsymmetrie. Im Zusammenhang mit der Besprechung dieser Fragen hat es sich als notwendig erwiesen, auch eine Überarbeitung von VDE 0228 „Leitsätze für Maßnahmen an Fernmelde- und an Drehstromanlagen im Hinblick auf gegenseitige Näherung" vorzunehmen.

Die Neubearbeitung der Bestimmungen für galvanische Elemente, Taschenlampenbatterien und Anodenbatterien (VDE 0807, 0808, 0865) ist bereits zu einem gewissen Abschluß gekommen. Die drei bisherigen Vorschriften wurden in VDE 0807 „Vorschriften für galvanische Elemente und Batterien" zusammengefaßt. Darüber hinaus besteht die Absicht, die große Typenzahl der bei der Herstellung von galvanischen Elementen und Batterien verwendeten Zellen zu verringern, ein einheitliches Bezeichnungssystem einzuführen und entsprechende neue Normblätter herauszugeben. Diese Normblätter ebenso wie ein bereits vorbereitetes Normblatt über die Abmessungen der beim Bau von galvanischen Elementen und Batterien verwendeten Zinkbleche sollen noch im Laufe des Jahres erscheinen und die bisherigen Normen (DIN VDE 1200, 1201, 1205, 1206 und 1600) ersetzen.

Mit der Aufstellung von allgemeinen Vorschriften für Akkumulatoren, die eine Zusammenfassung und Erweiterung der in verschiedenen VDE-Vorschriften enthaltenen Bestimmungen sein sollen, ist begonnen worden. Vorab hat der Ausschuß einen Entwurf zu VDE 0809 „Vorschriften für Kraftfahrzeug-Anlaß- und -Beleuchtungs-Batterien" veröffentlicht[23]).

Auf dem Gebiet der Hochfrequenztechnik wurde in VDE 0870 „Leitsätze für Kondensatoren der Rundfunk- und Entstörungstechnik" der § 13 geändert[24]). — Ferner wurden einige neue Normblätter über Steckvorrichtungen für Lautsprecher, Antennen und Erde, Tonabnehmer und Mikrophone (DIN VDE 1519, 1522 und 1523) sowie über die Betätigungsrichtung der Bedienungsteile (DIN VDE 1590) herausgegeben[25]). Eine Reihe von veralteten Normblättern über Einzelteile von Rundfunkgeräten wurde für ungültig erklärt[26]).

Auf dem Gebiet der Antennen wurde die Bearbeitung neuer Bestimmungen über den hochfrequenzmäßigen Aufbau in Angriff genommen und dabei Richtlinien für eine einheitliche Beurteilung von Antennen auch in bezug auf ihre schützende Wirkung gegen Rundfunkstörungen aufgestellt. — Nebenher wurden internationale hochfrequenztechnische Fragen besprochen, die in der IEC und IFK behandelt wurden.

Der Ausschuß für Rundfunkstörungen hat sich wiederholt mit Fragen des Internationalen Sonderausschusses für Rundfunkstörungen (CISPR) befaßt und Verhandlungen wegen des Störspannungsmeßgerätes mit ausländischen Mitgliedern des CISPR ge-

[18]) ETZ 59 (1938) S. 1383 u. 1407.
[19]) ETZ 59 (1938) S. 1137.
[20]) ETZ 59 (1938) S. 1269.
[21]) ETZ 60 (1939) S. 117.
[22]) ETZ 59 (1938) S. 1017.
[23]) ETZ 60 (1939) S. 134.
[24]) ETZ 59 (1938) S. 1240.
[25]) ETZ 58 (1937) S. 1095.
[26]) ETZ 60 (1939) S. 345.

führt. IFK-Fragen bezüglich der Entstörungsgeräte wurden ebenfalls behandelt.

Ganz besonders hat sich der Ausschuß mit der Aufstellung von „Leitsätzen für die Bestimmung der Größe der Störfähigkeit von elektrischen Maschinen und Geräten" befaßt. Es besteht die Absicht, mit diesen Leitsätzen die Grundlage für das kommende Rundfunkentstörungsgesetz zu schaffen. Darüber hinaus hat der Ausschuß auch „Leitsätze für Maßnahmen an Empfangsanlagen und an elektrischen Geräten und Maschinen zur Minderung von Rundfunkstörungen" bearbeitet.

Geräte und Anlageteile für Verteilungsanlagen unter 1000 V.

Der Ausschuß für Installationsmaterial führte die seit längerer Zeit laufenden Arbeiten zur Neubearbeitung von VDE 0610 „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung" weiter. Es ist beabsichtigt, diese Vorschriften in Sondervorschriften für die zahlreichen Einzelgeräte und Anlageteile, die bisher in VDE 0610 enthalten waren, aufzuteilen. Bisher sind folgende Sondervorschriften in Aussicht genommen:

VDE 0605 „Vorschriften für Installationsrohre für elektrische Anlagen"[27])
VDE 0606 „Vorschriften für Abzweig- und Verbindungsdosen, Hauptleit.-Abzweigkästen sowie Leuchtenklemmen"
VDE 0616 „Vorschriften für Lampenfassungen und Lampensockel 750 V"[27a])
VDE 0620 „Vorschriften für Steckvorrichtungen bis 750 V 100 A"[28])
VDE 0632 „Vorschriften für Schalter bis 750 V 25 A"[29])
VDE 0635 „Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A"[30]).

Die Vorschriften VDE 0605, 0632 und 0635 konnten zum Abschluß gebracht werden und werden demnächst in der endgültigen Fassung veröffentlicht. Die übrigen Vorschriften werden in Kürze als Entwurf in der ETZ erscheinen.

Parallellaufend mit dieser Neubearbeitung der Vorschriften müssen die zugehörenden DIN VDE-Normblätter überarbeitet werden; in einigen Fällen hat sich auch die Notwendigkeit zur Aufstellung neuer Normblätter ergeben. Folgende Normen wurden als Entwurf veröffentlicht und zum Teil bereits als neue Normblätter herausgegeben:

Installationsrohre: DIN VDE 9000, 9010, 9020, 9021, 9025/28 (ETZ 1938, S. 75 u. 349, als Normblätter mit Ausgabedatum April 1939 erschienen).
Unterputzdosen aus Metall: DIN VDE 9071 (ETZ 1938, S. 1270).
Regelschalter: DIN VDE 9280 (ETZ 1939, S. 224).
Gerätesteckvorrichtungen: DIN VDE 9490 (ETZ 1938, S. 854).
Fassungslehren: DIN VDE 9675/76, 9680/81 (ETZ 1938, S. 1043).

Es ist noch besonders darauf hinzuweisen, daß bei der Neubearbeitung der sämtlichen Vorschriften für Installationsmaterial in Zukunft die Beschreibung der Prüfvorrichtungen in den einzelnen Vorschriften wegfallen wird. Statt dessen sollen Normblätter für die einzelnen Prüfvorrichtungen aufgestellt werden.

Für die Übergangszeit bis zum Inkrafttreten der neuen Einzelvorschriften für Installationsmaterial wurden an den bisherigen Vorschriften VDE 0610 einige Änderungen vorgenommen[31]).

Im Hinblick auf die nach VDE 0250 U zulässige Verwendung von isolierten Leitungen mit Aluminiumleitern bis herab zu Querschnitten von 2,5 mm² sind die „Leitsätze für Klemmen zum Anschluß von eindrähtigen Aluminiumleitern mit Querschnitten bis 16 mm²" (VDE 0608) von besonderer Bedeutung. Diese Leitsätze wurden unter Berücksichtigung der auf die Entwurfsveröffentlichung eingegangenen Einsprüche einer eingehenden Überarbeitung unterzogen und zum 1. 7. 1938 in Kraft gesetzt[32]). Die VDE-Prüfstelle prüft unter Zugrundelegung dieser Leitsätze Installationsmaterial auf Antrag auch daraufhin, ob es zum Anschluß von Aluminiumleitungen geeignet ist. Bei Bestehen dieser Prüfung erteilt die Prüfstelle die Genehmigung, neben dem VDE-Zeichen die Bezeichnung „Al" anzubringen.

Umfangreiche Arbeiten hatten der Ausschuß für Installationsmaterial und seine Unterausschüsse für die Lösung von Aufgaben durchzuführen, die als Unterlagen für die Verhandlungen in der IFK benötigt wurden.

Der Ausschuß für Sicherungswesen konnte die Bearbeitung von VDE 0635 „Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A"[33]) zu Ende führen. Der endgültige Wortlaut wird in Kürze in der ETZ veröffentlicht werden. — Zur Zeit wird VDE 0641 „Leitsätze für Leitungsschutzschalter bis 15 A 380 V" überarbeitet und voraussichtlich durch Bestimmungen für Leitungsschutzschalter 15 und 25 A ergänzt. Außerdem werden sämtliche Normblätter (DIN VDE 9301 ff.), die das Gebiet der Leitungsschutzsicherungen betreffen, vollständig neu bearbeitet. — Weiterhin wurde die Aufstellung von Bestimmungen für Gerätesicherungen in Aussicht genommen.

Der Ausschuß für Schalt- und Steuergeräte stellte durch seinen Unterausschuß „Schutzschalter" auf Grund der Beschlüsse der IFK-Tagung in Prag im Juni 1938 einen Entwurf zu „Anforderungen an Trennschutzschalter (TS-Schalter)" auf, über den auf der IFK-Tagung in Nürnberg im Februar 1939 verhandelt wurde.

Die Arbeiten des Ausschusses für Drähte und Kabel wurden in erster Linie durch die Forderungen des Vierjahresplanes bedingt. An den Umstellvorschriften für isolierte Leitungen in Starkstrom- und in Fernmeldeanlagen (VDE 0250 U bzw. VDE 0810 U) wurden einige Änderungen vorgenommen[34]). Ferner konnten Entwürfe zu neuen Vorschriften aufgestellt werden, die durch die Fortschritte der Kabeltechnik und die neuen Werkstoffe für den Aufbau isolierter Leitungen bedingt waren. Es handelt sich hierbei um VDE 0270 U „Umstellvorschriften für Starkstrom-Innenraumkabel ohne Bleimantel bis 1 kV" und VDE 0880 „Richtlinien für probeweise zugelassene isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen"[35]). Bei den in den letztgenannten Richtlinien behandelten isolierten Leitungen liegen noch keine ausreichenden Betriebserfahrungen vor, insbesondere nicht über das Verhalten bei länger andauernder Betriebsbeanspruchung. Da nun eine Verminderung der Güte und Sicherheit der mit diesen neuartigen Leitungen ausgerüsteten elektrischen Anlagen vermieden werden soll, werden diese Leitungen zunächst probeweise zugelassen[36]), damit die mit derartigen Leitungen versehenen Anlagen von Zeit zu Zeit überprüft werden können und dadurch festgestellt werden kann, ob sich die Leitungen zur Festlegung in den unbeschränkt anwendbaren Umstellvorschriften eignen.

Außerdem wurde ein Entwurf zu Vorschriften für Leuchtröhrenleitungen ausgearbeitet, die nach abschließender Behandlung in die „Umstellvorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen" (VDE 0250 U) aufgenommen werden sollen[37]).

[27]) ETZ 58 (1937) S. 1381.
[27a]) ETZ 60 (1939) S. 541.
[28]) ETZ 58 (1937) S. 1251 u. 1275.
[29]) ETZ 58 (1937) S. 1201.
[30]) ETZ 59 (1938) S. 29.
[31]) ETZ 59 (1938) S. 1269

[32]) ETZ 59 (1938) S. 703 u. 787.
[33]) ETZ 59 (1938) S. 29.
[34]) ETZ 59 (1938) S. 1096.
[35]) ETZ 60 (1939) S. 422 bzw. 424.
[36]) Siehe VDE 0040, ETZ 58 (1937) S. 1303.
[37]) ETZ 60 (1939) S. 183.

Verbrauchsgeräte.

Die Ausschüsse für Geräte mit Kleinstmotoren und für Elektrowerkzeuge haben gemeinsam einen Entwurf zu VDE 0730 „Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren und für Elektrowerkzeuge“ fertiggestellt, der demnächst in der ETZ veröffentlicht wird. — Weitere umfangreiche Beratungen waren für die Verhandlungen in der IFK erforderlich.

Der Ausschuß für Elektrowärmegeräte hat VDE 0725 „Vorschriften für schmiegsame Elektrowärmegeräte“ abgeschlossen[38]). Im übrigen erstreckte sich die Tätigkeit des Ausschusses ebenfalls auf Vorarbeiten für Verhandlungen in der IFK. — Im weiteren Arbeitsprogramm ist die Bearbeitung von Bestimmungen für Industrieöfen sowie die Neufassung der Bestimmungen für Temperaturregler vorgesehen.

Der Ausschuß für Beleuchtungskörper hat die auf Grund der Entwurfsveröffentlichung[39]) zu einer Neufassung von VDE 0710 „Vorschriften für elektrische Beleuchtungskörper und Leuchten für 250 V für trockene Räume“ eingegangenen Einsprüche durchgearbeitet, doch konnte die endgültige Fassung der Vorschriften noch nicht bekanntgegeben werden. Es wurde in Aussicht genommen, weitere Vorschriften für Beleuchtungskörper in feuchten Räumen aufzustellen.

Der Ausschuß für Elektromedizin ist damit beschäftigt, Gesamtvorschriften für alle elektromedizinischen Geräte aufzustellen. In diese Vorschriften sollen auch die bereits bestehenden Vorschriften VDE 0750 und 0751 einbezogen werden.

Maschinen, Transformatoren, Meßgeräte.

Der Ausschuß für Maschinen veröffentlichte den Entwurf zu einer Neubearbeitung des Normblattes DIN VDE 2960 „Klemmen für Maschinen mit Leistungen von 1,1 bis 250 kW bei Drehzahlen von 3000 bis 500 U/min und Spannungen bis 6 kV“[40]).

Der Ausschuß für Transformatoren befaßte sich mit der Ausarbeitung neuer „Regeln für Transformatoren mit Stufenregeleinrichtung (Regeltransformatoren)“ und „Regeln für Dreh-, Gleit- und Schubtransformatoren“, sowie mit den hierdurch bedingten Änderungen an VDE 0532 „Regeln für Transformatoren“, deren Entwürfe veröffentlicht wurden[41]). In den Einspruchsberatungen wurde allgemein die Zusammenfassung der vorgenannten Regeln in VDE 0532 gewünscht; die sich hiernach ergebende Neubearbeitung wird im Laufe dieses Jahres erscheinen.

Ferner wurde im Ausschuß für Transformatoren die deutsche Stellungnahme für die Beratungen des IEC-Ausschusses „Transformatoren“ auf der IEC-Tagung 1938 in Torquay[42]) festgelegt.

Der neugegründete Ausschuß für Schweißanlagen bereitete ebenfalls die deutsche Stellungnahme zu den im IEC-Ausschuß „Elektrisches Schweißen“[43]) neu aufgenommenen internationalen Arbeiten vor. Mit Rücksicht auf diesbezügliche, noch schwebende Fragen wurde die Veröffentlichung des Entwurfes zu „Regeln für Lichtbogen-Schweißtransformatoren“ vorläufig zurückgestellt.

Im Ausschuß für Klein- und Kleinspannungstransformatoren wurden Entwürfe der Schweiz für „IFK-Anforderungen an Schutztransformatoren für Kleinleistung“ vor den IFK-Tagungen in Prag im Juni 1938 und in Nürnberg im Februar 1939 eingehend durchberaten.

Auf dem Gebiet der Meßtechnik wird eine grundlegende und einheitliche Neubearbeitung der „Regeln für Meßgeräte“, der „Regeln für Wandler“ und der „Regeln für Zähler“ durchgeführt. Inzwischen ist die Bearbeitung von VDE 0410 „Regeln für Meßgeräte“ zum Abschluß gekommen und in der ETZ veröffentlicht, gleichzeitig erschien ein einführender Aufsatz zu der Neubearbeitung[44]). Ein wesentlicher Gesichtspunkt bei der Neubearbeitung dieser Regeln war die Anpassung an die bestehenden IEC-Regeln für Meßgeräte. Diese Anpassung war um so eher möglich, als die genannten IEC-Regeln seinerzeit unter wesentlicher deutscher Mitarbeit aufgestellt worden sind.

Die Neubearbeitung von VDE 0414 „Regeln für Wandler“ ist inzwischen so weit fortgeschritten, daß die Veröffentlichung eines neuen Entwurfs in der ETZ unmittelbar bevorsteht[45]). Bei der Neubearbeitung sind ebenfalls die entsprechenden IEC-Regeln berücksichtigt. Im übrigen aber lehnt sich der Neuentwurf hinsichtlich der Begriffserklärungen und Prüfbestimmungen wesentlich an VDE 0532 „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren“ und VDE 0670 „Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsgeräte“ an.

Für die Neubearbeitung von VDE 0418 „Regeln für Elektrizitätszähler“, die unter gleichen Gesichtspunkten erfolgen soll wie die der Regeln für Meßgeräte und für Wandler, sind die erforderlichen Vorarbeiten abgeschlossen, so daß die Bearbeitung des Neuentwurfes bald beginnen wird.

Durch den neugebildeten Ausschuß für Relais sollen besondere VDE-Bestimmungen für dieses wichtige Gebiet geschaffen werden. Bei der Bearbeitung von VDE 0670 „Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsgeräte“ hatte es sich als erforderlich herausgestellt, einheitliche „Regeln für Relais in Starkstromanlagen“ zu schaffen, um dadurch die jetzt noch verstreut in VDE 0650, VDE 0660 und VDE 0670 stehenden und zum Teil voneinander abweichenden Begriffserklärungen und Bestimmungen zusammenzufassen und zu vereinheitlichen. Die Aufstellung und Bearbeitung dieser Regeln ist trotz der großen Schwierigkeiten in gutem Fortschritt begriffen. Nicht nur die Schaffung von Prüf- und Baubestimmungen, sondern bereits die Klarlegung der einzelnen Begriffe ist eine sehr schwierige und dankenswerte Aufgabe für den Ausschuß.

Hochspannungstechnik.

Der Ausschuß für den elektrischen Sicherheitsgrad beschäftigt sich mit der Beschaffung von Unterlagen für die Festlegung eines Mindest-Isolationspegels von Hochspannungsanlagen und ihrer Einzelteile gegenüber Betriebsvorgängen einerseits und Gewitterüberspannungen anderseits. Der Frage der Stoßprüfung der verschiedenen Anlageteile wird besondere Beachtung geschenkt. Bestimmungen für die Nebel- und Verschmutzungsprüfung von Freiluft-Hochspannungsisolatoren sind in Vorbereitung.

Nach sorgfältigen Vorarbeiten[46]) hat der Ausschuß für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke einen Entwurf zu VDE 0430 veröffentlicht[47]), der sich an die entsprechenden in Vorbereitung befindlichen Regeln der IEC anlehnt. In diesem Entwurf sind u. a. neben den neu aufgestellten Eichwerten für Betriebsfrequenz auch solche für Stoßspannungen enthalten. Über die Messung von Stoßspannungen sehr kurzer Dauer sowie von ungedämpften und stark ge-

[38]) ETZ 58 (1937) S. 756; 59 (1938) S. 1072; 60 (1939) S. 166.
[39]) ETZ 58 (1937) S. 1149.
[40]) ETZ 60 (1939) S. 196.
[41]) ETZ 59 (1938) S. 1237.
[42]) ETZ 59 (1938) S. 1290 (IEC-Bericht).
[43]) ETZ 59 (1938) S. 1350 (IEC-Bericht).
[44]) ETZ 59 (1938) S. 1211 bzw. 1209.
[45]) Früherer Entwurf ETZ 58 (1937) S. 941.
[46]) W. Weicker und W. Hörcher, ETZ 59 (1938) S. 1029 u. 1064.
[47]) ETZ 60 (1939) S. 92, 97 u. 99.

dämpften Hochfrequenzspannungen finden sich einige Hinweise[47a]). Bei den weiteren Beratungen wurde auch die Frage der Vorwiderstände, der Schutzabstände gegen geerdete sowie leitende und nicht leitende Fremdkörper sowie die Messung der Kugelkrümmung mittels Sphärometer oder Grenzlehren berücksichtigt.

Der Ausschuß für die Prüfung mit Stoßspannungen hat einen Neuentwurf zu VDE 0450 „Leitsätze für die Erzeugung und Verwendung von Stoßspannungen für Prüfzwecke" aufgestellt, der die diesbezüglichen Festlegungen der IEC berücksichtigt und darüber hinaus ausführliche Angaben über die Schaltung von Stoßkreisen und über die Berechnung der Kenngrößen des Stoßkreises sowie der genormten Wellenformen enthält[48]). Sehr ausführlich sind die verschiedenen Zeit- und Spannungsgrößen zur Kennzeichnung des Verlaufs von Stoßspannungen erläutert worden.

Werkstoffe.

Der Ausschuß für Leiterwerkstoffe, der die Arbeiten des Ausschusses für Aluminiumleitungsnormen bei der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde auf elektrotechnischem Gebiet übernommen hat, behandelte im wesentlichen internationale Fragen der Aluminiumnormung. Die diesbezüglichen Arbeiten des IEC-Ausschusses „Aluminium"[49]) haben unter maßgebender deutscher Mitarbeit nach jahrelangen Verhandlungen jetzt u. a. zu IEC-Bestimmungen für weichgeglühtes und hartgezogenes Aluminium geführt.

Der Ausschuß für Isolierstoffe widmete sein Hauptaugenmerk der möglichst umfassenden Kennzeichnung der Isolierstoffe, um von der Vielseitigkeit der Entwicklung allmählich zur Typenfestlegung zu gelangen. Im Unterausschuß „Nicht härtbare Kunststoffe" ergaben sich hierbei allerdings noch Schwierigkeiten, da die Entwicklung einer Reihe von Kunststoffen noch zu sehr im Fluß ist. — Der Unterausschuß „Preßstoffe" nahm eine Neubearbeitung von VDE 0320 „Leitsätze für nichtkeramische, gummifreie Isolierpreßstoffe"[50]) vor, die der Neufasung der „Typisierung"[51]) entspricht und darüber hinaus Mindestwerte für die Wärmebeständigkeit bei dauernder und kurzzeitiger Erwärmung enthält. — Die Neubearbeitung von VDE 0335 „Leitsätze für keramische Isolierstoffe" machte umfangreiche Vorarbeiten der keramischen Industrie notwendig und ist weiter fortgeschritten. — Der Unterausschuß „Faserstoffe" hat einen Entwurf zu einem Normblatt DIN VDE 607 „Hartpapierrohr, Hartgeweberohr, gewickelt, nicht nachgepreßt" aufgestellt, der in Kürze veröffentlicht werden soll. — Die Neubearbeitung von VDE 0332 „Leitsätze für Glimmererzeugnisse" sowie die Normblätter DIN VDE 612 „Glimmererzeugnisse in Platten" und DIN VDE 614 „Glimmererzeugnisse in Rollen" wurden durch den zuständigen Unterausschuß fertiggestellt[52]). — Der Unterausschuß „Lacke" hat einen Entwurf zu „Vorschriften für Isolierlacke" so weit durchberaten, daß er voraussichtlich noch in diesem Jahre veröffentlicht werden kann.

Die Neubearbeitung von VDE 0303 „Leitsätze für die Bestimmung elektrischer Eigenschaften von festen Isolierstoffen", die die grundlegenden Prüfverfahren für alle vorstehend genannten Stoffgruppen enthalten, ist so weit gediehen, daß mit der Veröffentlichung im Laufe dieses Jahres zu rechnen ist.

Es wurden Forschungsarbeiten in die Wege geleitet, die eine Vervollständigung der Eigenschaftswerte der Typentafel der Isolierpreßstoffe in VDE 0320 bezwecken. Ferner sind Untersuchungen an nicht härtbaren Kunststoffen in Aussicht genommen, die den Einfluß der Herstellungsbedingungen von Prüfkörpern auf die Eigenschaftswerte zum Gegenstand haben. Schließlich laufen Untersuchungen zur Klärung der Fragen der Kriechstromfestigkeits-Prüfung und auf dem Gebiet der Isolierlacke.

47a) P. Jacottet, ETZ 60 (1939) S. 92.
48) R. Elsner, ETZ 59 (1938) S. 375.
49) ETZ 59 (1938) S. 1291 (IEC-Bericht).
50) ETZ 59 (1938) S. 1071 u. 1357.
51) ETZ 58 (1937) S. 1255.
52) ETZ 59 (1938) S. 705 u. 1096.

DIN VDE-Normblätter.

Die Arbeiten des VDE als Fachnormenausschuß für das Gebiet der Elektrotechnik wurden wie bisher in enger Zusammenarbeit mit der Normenstelle der Wirtschaftsgruppe Elektrotechnik weitergeführt, um das Normenwerk der Elektrotechnik den jeweiligen Fortschritten der Technik anzupassen. Auf den Gebieten Installationsmaterial, Rundfunk, Isolierstoffe und Maschinen wurde eine Reihe von Normen fertiggestellt, so daß sich die Zahl der Normblätter im vergangenen Geschäftsjahr um 20 neu erschienene Blätter auf rund 470 Blätter erhöht hat. In geänderter Ausgabe sind 10 Blätter für Installationsmaterial herausgegeben worden. Als Entwürfe veröffentlicht wurden 9 Normblätter für verschiedene Fachgebiete. Diese Arbeiten wurden zum Teil gemeinsam mit den anderen Fachnormenausschüssen, wie Kraftfahrzeugbau, Lokomotiven, Werkzeugmaschinen u. a. durchgeführt.

Auf Grund der vom Reichsausschuß für Leistungssteigerung gestellten Aufgaben bezüglich der Verbindlichkeitserklärung der DIN VDE-Normen wurde gemeinsam mit der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie eine Überprüfung aller Normblätter eingeleitet, um festzustellen, welche Normen mit sofortiger Wirkung als verbindlich erklärt werden können bzw. welche Normen zu diesem Zwecke überarbeitet oder welche gestrichen werden sollen.

Die durch den früheren Österreichischen Normenausschuß herausgegebenen Blätter (Önormen) wurden überprüft und festgestellt, daß eine Reihe dieser Blätter mit den entsprechenden deutschen Normen übereinstimmt, also gestrichen werden kann. Sofern Abweichungen bestehen, ist noch zu untersuchen, wie eine Angleichung oder Einarbeitung in das deutsche Normenwerk erzielt werden kann.

Internationale Zusammenarbeit.

Internationale Ausschüsse und Konferenzen.

In der Zeit vom 22. Juni bis 1. Juli 1938 fand eine Volltagung der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) in Torquay und London statt, zu der seitens der einzelnen VDE-Ausschüsse und des Deutschen Kommittees der IEC umfangreiche technische Vorarbeiten geleistet wurden. Über diese IEC-Vollsitzung ist an anderer Stelle ausführlich berichtet worden[53]). — Im Juli 1938 erschien das von der IEC herausgegebene sechssprachige „Internationale Elektrotechnische Wörterbuch"[54]), das in jahrelanger Zusammenarbeit unter tat-

53) ETZ 59 (1938) S. 1289, 1327 u. 1348.
54) ETZ 59 (1938) S. 979 u. 60 (1939) S. 559.

kräftiger Mitwirkung deutscher Fachleute entstanden ist. Es enthält rd. 2000 Fachausdrücke in Deutsch, Englisch, Französisch, Italienisch, Spanisch und Esperanto sowie dazugehörige Begriffserklärungen in Englisch und Französisch.

Vom 29. Juni bis 8. Juli 1939 findet in Paris die 10. Tagung der Internationalen Hochspannungs-Konferenz (CIGRE) statt[55]). Die deutschen Vorarbeiten zu dieser Tagung wurden vom Deutschen Ausschuß der CIGRE geleistet. Auch in diesem Jahr wird der Deutsche Ausschuß eine große Zahl deutscher Fachberichte vorlegen.

In der Installations-Fragen-Kommission (IFK) hat der Deutsche Ausschuß weiter erfolgreich mitgearbeitet. Neben der Beteiligung an den drei internationalen Zusammenkünften in Prag (Juni 1938), Arnhem (Oktober 1938)[56]) und Nürnberg (Februar 1939) wurden die Grundlagen für die internationalen Anforderungen an Installations- und Haushaltsgeräte geschaffen. Die Arbeiten an den Anforderungen an Industrie-Steckvorrichtungen (Flako-System), an Drahtverbinder und an Leuchtenklemmen konnten zum Abschluß gebracht werden, während die Anforderungen an Koch- und Heizgeräte, Haushaltsgeräte mit motorischem Antrieb, Trennschutzschalter, Kleintransformatoren und an Verlegungsmaterial weiter gefördert wurden.

Es ist erfreulich, daß die mit dem steten Vordringen neuartiger Werkstoffe sich mehr und mehr durchsetzenden neuen Konstruktions-Grundsätze zum Teil auch durch eine Erweiterung oder Änderung der IFK-Anforderungen Anerkennung gefunden haben. So wurde z. B. für Installationsmaterial die Verwendung von Isolierstoff-Muttergewinde zugelassen. Ferner haben die Prüfbedingungen für gummiisolierte Leitungen insoweit eine Änderung erfahren, als auf die Prüfung des Kautschukgehaltes der Isolation verzichtet wurde. Arbeiten zur Schaffung eines geeigneten Prüfverfahrens für die Kriechstromsicherheit und für eine zweckmäßige Feuchtigkeitsprüfung sind im Gange.

In der Zeit vom 25. August bis 2. September 1938 fand in Wien eine Teiltagung der Weltkraftkonferenz statt, bei der vornehmlich über die Energieversorgung in Landwirtschaft, Gewerbe und Haushalt, ferner über öffentliche Beleuchtung und elektrische Bahnen berichtet wurde[57]). Die ETZ brachte aus diesem Anlaß ein Sonderheft (1938, H. 34) heraus, das große Beachtung fand.

Bei der im Juni 1938 in Berlin veranstalteten Internationalen Normentagung[58]) der Internationalen Föderation der nationalen Normenausschüsse (ISA) wurden wichtige grundsätzliche Fragen der Normung behandelt, wenn auch das Gebiet der Elektrotechnik nicht besonders zur Sprache kam. Von größter Wichtigkeit waren die bei dieser Tagung von Reichswirtschaftsminister Funk über die Bedeutung der Normung gemachten Ausführungen.

[55]) ETZ 60 (1939) S. 463.
[56]) ETZ 60 (1939) S. 223.

Zusammenarbeit mit ausländischen Vereinen.

Die mit zahlreichen ausländischen Körperschaften bestehenden freundschaftlichen Beziehungen wurden auch im Berichtsjahr weiterhin gepflegt. Die bestehenden Besuchsabkommen[59]) wurden mehrfach in Anspruch genommen und haben sich gut bewährt. Mit besonderer Freude konnte der VDE dem Japanischen Elektrotechnischen Verein seine herzlichsten Glückwünsche zum 50jährigen Bestehen übermitteln; hierüber wurde in der Zeitschrift des genannten Vereins berichtet[60]).

Nach der nunmehr erfolgten Errichtung des Reichsprotektorats Böhmen-Mähren ist auch eine engere Fühlungnahme mit dem Elektrotechnischen Verein Böhmen-Mähren (ESČ) aufgenommen worden.

Im April und Mai 1938 veranstaltete der VDE gemeinsam mit dem Norddeutschen Lloyd eine Studienfahrt nach Nordamerika, die durch zahlreiche Besichtigungen einen guten Einblick in die Elektroindustrie und die Elektrizitätsversorgung verschaffte und zahlreiche Städte Nordamerikas berührte. Rund 30 Teilnehmer hatten sich an der Studienfahrt beteiligt. Anläßlich dieser Studienfahrt wurde auch dem American Institute of Electrical Engineers in New York ein Besuch abgestattet.

[57]) ETZ 59 (1938) S. 1201.
[58]) Rdsch. dtsch. Techn. 18 (1938) Nr. 27; DIN-Mitt. 21 (1938) S. N 81.
[59]) ETZ 59 (1938) S. 28, 205, 510.
[60]) Electrotechn. J., Tokio 2 (1938) S. 124.

Der VDE als Fachverein des NSBDT.

Mitarbeit im NSBDT.

Die bereits im Vorjahr im Rahmen der Gesamtorganisation des NSBDT. begonnene Anpassung der VDE-Bezirke an die politischen Gaugrenzen wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Da das Gebiet einiger VDE-Bezirke sich über mehrere politische Gaue erstreckte, wurden diese Bezirke aufgeteilt; dadurch hat sich die Gesamtzahl der VDE-Bezirke auf 37 erhöht.

In der Ostmark wurden keine neuen Bezirke der einzelnen Fachvereine des NSBDT. gegründet, sondern dort wurde als einzige Organisation der Technik der NSBDT. mit seinen Fachgruppen ins Leben gerufen. Der frühere Elektrotechnische Verein Wien wurde daher nicht in den VDE eingegliedert, sondern in die Fachgruppe Energiewissenschaft, Unterfachgruppe Elektrotechnik, des NSBDT., Gauwaltung Wien, übergeführt. Auf Anordnung des Reichswalters des NSBDT. wurde der Geschäftsführer des VDE zur Mitarbeit bei der Einrichtung der Gaufachgruppen benannt[61]).

[61]) Rdsch. dtsch. Techn. 18 (1938) Nr. 30.

Im Sudetengau wurde ein neues Gauamt für Technik der NSDAP. mit dem Sitz in Reichenberg gebildet[62]). Der Aufbau der Organisation des NSBDT. ist jedoch noch nicht abgeschlossen. — Bei der Sudetenfahrt der deutschen Technik[63]), die den ins Reich zurückgekehrten Volksgenossen die Errungenschaften der deutschen Technik im nationalsozialistischen Staat vor Augen führen sollte, betreute der VDE den elektrotechnischen Teil der Ausstellung.

Die der politisch-weltanschaulichen Ausrichtung der deutschen Techniker dienenden Reichsschulungskurse auf der Plassenburg wurden weitergeführt. Auch der VDE und seine Bezirke haben wieder wie in den Vorjahren eine große Zahl von Teilnehmern an den Schulungskursen teilnehmen lassen.

An den gemeinsamen Veranstaltungen des NSBDT. sowie an der Ausgestaltung der Gaumitteilungsblätter wurde mitgearbeitet. Das Organ des NSBDT., die „Rundschau Deutscher Technik“ (RDT)

[62]) Rdsch. dtsch. Techn. 18 (1938) Nr. 45.
[63]) Rdsch. dtsch. Techn. 18 (1938) Nr. 47 u. 48.

brachte wiederum zahlreiche Aufsätze aus dem Gebiet der Elektrotechnik, die besonders darauf zugeschnitten waren, den Angehörigen anderer Fachrichtungen der Technik einen Einblick in unser Fachgebiet zu geben. Auch über die Veranstaltungen des VDE wurde ausführlich berichtet. In mehreren Fällen konnte der VDE der Schriftleitung der Rundschau Deutscher Technik beratend zur Seite stehen.

Zusammenarbeit mit anderen Körperschaften.

Besonders mit den anderen Fachvereinen des NSBDT. bestanden zahlreiche Berührungspunkte, die in vielen Fällen zu einer nutzbringenden Gemeinschaftsarbeit führten. Die Fachgruppe Elektrotechnik, Gas und Wasser des NSBDT. erhielt den Namen „Fachgruppe Energiewissenschaft". In ihr sind der VDE, der Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern sowie neuerdings die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft zusammengefaßt. Die Zusammenarbeit mit dem Deutschen Verein von Gas- und Wasserfachmännern und dem Verein deutscher Chemiker erstreckte sich in erster Linie auf die Bearbeitung von Korrosionsfragen, während die Arbeiten auf dem Gebiet der Kunststoffe zahlreiche Berührungspunkte mit den entsprechenden Ausschüssen des Vereins deutscher Ingenieure und des Vereins deutscher Chemiker ergaben. Auch die Arbeiten des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik standen mehrfach in Beziehung zu entsprechenden Arbeiten der VDE-Ausschüsse.

Die Mitarbeit des VDE als Fachnormenausschuß für das Gebiet der Elektrotechnik innerhalb des Deutschen Normenausschusses wurde bereits vorstehend umrissen; wie bisher war der VDE an den Beratungen des Beirates für Heimstoffe sowie der Normenprüfstelle beteiligt. Weiterhin wurden die Bestrebungen des Reichsinstituts für Berufsausbildung in Handel und Gewerbe, des bisherigen Deutschen Ausschusses für technisches Schulwesen, und der Technisch-wissenschaftlichen Lehrmittelzentrale gefördert. Innerhalb der Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure (ADB) ergab sich in mehreren Gauen eine nutzbringende Zusammenarbeit der VDE-Bezirke mit anderen Fachvereinen. Selbstverständlich wurde auch die Zusammenarbeit mit verschiedenen Dienststellen der Deutschen Arbeitsfront weitergeführt. Auch die Bestrebungen der Technischen Nothilfe wurden unterstützt, und es wurde in der ETZ ein Aufruf an die VDE-Mitglieder zum Beitritt in diese wichtige Organisation erlassen[64]). Mit mehreren Ausschüssen des Reichskuratoriums für Wirtschaftlichkeit ergaben sich gemeinsame Aufgaben.

Umfangreiche Arbeiten ergaben sich im Verfolg der Bestrebungen des durch Anordnung des Reichswirtschaftsministers vom 12. 1. 1939 geschaffenen Reichsausschusses für Leistungssteigerung. Im Dezember 1938 hatte der Beauftragte für den Vierjahresplan, Generalfeldmarschall Göring, den Herrn Reichswirtschaftsminister beauftragt, die bisher im Sinne der Leistungssteigerung tätigen Kräfte zusammenzufassen und in größerem Umfang zum Einsatz zu bringen. Besonderes Augenmerk wurde auf die Rationalisierung der Herstellungsvorgänge, die Typenbeschränkung der Erzeugnisse sowie die Normung von Einzelteilen gerichtet. Das in jahrzehntelanger Gemeinschaftsarbeit aufgebaute Normenwerk sollte für die Zwecke der Leistungssteigerung eingespannt und ihm durch eine Verbindlichkeitserklärung eine Bedeutung gegeben werden, die seine weitestgehende Anwendung in der deutschen Wirtschaft fördern soll. Es ist jedoch selbstverständlich, daß nicht alle Normen sich zu einer Verbindlichkeitserklärung eignen, wodurch sich die Notwendigkeit zu einer Überprüfung des gesamten Normenwerkes herausstellte. Als Träger der Normung auf dem Gebiet der Elektrotechnik hat der VDE daher gemeinsam mit der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie das gesamte elektrotechnische Normenwerk daraufhin überprüft, welche Normen zur verbindlichen Anwendung geeignet sind. Hierbei stellte sich häufig heraus, daß über die bestehenden Normen hinaus noch manche Gebiete erfaßt werden können, die bisher in der Normung nicht berücksichtigt sind.

Mit den übrigen elektrotechnischen Körperschaften, insbesondere denen der gewerblichen Wirtschaft, wie z. B. mit den Wirtschaftsgruppen Elektroindustrie und Elektrizitätsversorgung, dem Reichsinnungsverband des Elektrohandwerks, dem Reichsverband der Elektro-Großhändler usw., wurde wie bisher eng zusammengearbeitet.

Wissenschaftliche Abteilung des VDE.

Die Wissenschaftliche Abteilung des VDE hatte im Berichtsjahr einen Wechsel ihres Vorsitzenden zu verzeichnen. Bei ihrer Gründung im Jahre 1934 wurde Herr Prof. Dr. R. Franke vom Vorsitzenden des VDE mit der Leitung der Wissenschaftlichen Abteilung beauftragt. In den vier Jahren seiner Tätigkeit wurde die Wissenschaftliche Abteilung zu einem wertvollen Instrument, die das wissenschaftliche Leben des VDE maßgebend beeinflußte und wertvolle Anregungen gab. Auch an dieser Stelle sei Herrn Prof. Franke für seine wertvolle Arbeit gedankt. Mit der weiteren Führung der Wissenschaftlichen Abteilung des VDE wurde Herr Prof. Dr.-Ing. M. Kloss beauftragt.

Eine der wichtigsten Aufgaben der Wissenschaftlichen Abteilung besteht in der Betreuung des Vortragswesens des VDE und seiner Bezirke. Umfangreiche Arbeiten beanspruchte wiederum die Vorbereitung des technisch-wissenschaftlichen Programms der diesjährigen VDE-Tagung. Weiterhin wurden Anregungen für die Ausgestaltung des Vortragswesens der Bezirke sowie der Feiern anläßlich des 150. Geburtstages des deutschen Forschers Georg Simon Ohm[65]) gegeben.

Ferner beschäftigte sich die Wissenschaftliche Abteilung mit der Ausgestaltung des VDE-Schrifttums. In der Sitzung des Redaktionskomitees anläßlich der Mitgliederversammlung 1938 in Köln wurden grundlegende Fragen der ETZ und des „Archivs für Elektrotechnik" besprochen. Von besonderer Tragweite war die Entscheidung über die Weiterführung der Zeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau", die nach der Auflösung des Elektrotechnischen Vereins Wien ihre Aufgabe als Vereinsorgan verloren hatte. Das Weiterbestehen dieser alten und hochangesehenen Zeitschrift wurde in einer Denkschrift der Wissenschaftlichen Abteilung befürwortet.

Außerdem wurde wiederum eine große Zahl von Anträgen zur Bereitstellung von Mitteln für Forschungsarbeiten behandelt, die großenteils befürwortend an das Kuratorium der EV-Stiftung weitergeleitet werden konnten. Das Kuratorium der EV-Stiftung wurde entsprechend der Verfassung im Mai 1938 neu zusammengesetzt, die Verfassung wurde in einigen Punkten geändert.

Vortrags- und Fortbildungswesen.

Als eine der wichtigsten Aufgaben des Verbandes wurde wie bisher die berufliche Weiterbildung und wissenschaftliche Förderung der Mitglieder betrachtet. Diese Maßnahmen sind heute von besonderer Bedeutung, wo es gilt, die Leistung aller schaffenden Deutschen weiter zu steigern; die Förderung der beruflichen Kenntnisse durch

[64]) ETZ 59 (1938) S. 703.

[65]) ETZ 60 (1939) S. 330, 452, 454 u. 634.

wertvolle Vorträge, Fachbücher[66]) und Fachzeitschriften sind als wichtige Mittel hierzu allgemein anerkannt.

Wie bisher lag das Vortrags- und Fortbildungswesen in erster Linie in den Händen der VDE-Bezirke, die im Berichtsjahr wiederum über 500 fachliche Veranstaltungen durchführten. Neben den Vorträgen aus dem eigentlichen Gebiet der Elektrotechnik wurden Vorträge aus Grenzgebieten und solche allgemeinen Inhaltes sehr begrüßt. Häufig wurden die Vorträge auch durch Lehr- und Kulturfilme unterstützt und ergänzt. Einige Bezirke veranstalteten groß angelegte Vortragsreihen, wie beispielsweise die Vortragsreihe in Berlin über „Das freie Elektron in der Physik und Technik"[67]). — Die Fachberichte anläßlich der VDE-Tagung 1938 in Köln hatten einen Besuch aufzuweisen wie nie zuvor — ein Beweis dafür, welche Bedeutung dieser Veranstaltung des VDE zugemessen wird. Weiterhin führte der VDE anläßlich der Leipziger Frühjahrsmesse 1939 eine Kurztagung „Zeitgemäße Installation" durch, bei der Reichshandwerksmeister Gamer und andere Fachleute der Elektrotechnik über dieses wichtige Sondergebiet zusammenfassend berichteten[68]).

In einigen VDE-Bezirken wurden wie in den Vorjahren mit bestem Erfolg Fortbildungslehrgänge für Monteure und Techniker durchgeführt, zum Teil in enger Zusammenarbeit mit den Industrie- und Handelskammern sowie mit der Deutschen Arbeitsfront.

Jungingenieurwesen.

Die bewährten Richtlinien, nach denen die Jungingenieurarbeit des Verbandes schon seit Jahren durchgeführt wird, dienten auch im Berichtsjahr als Grundlage für die Weiterarbeit. Trotz der schwachen Besetzung der höheren Semester an den Hoch- und Fachschulen und trotz der starken beruflichen Inanspruchnahme der Ingenieure war ein Zurückgehen der Teilnehmerzahlen an den Jungingenieur-Veranstaltungen nicht zu verzeichnen, da die Bezirke sich mit Erfolg bemühten, auch den letzten Jungingenieur zu gemeinsamer Arbeit heranzuziehen.

Der Schwerpunkt der Jungingenieurarbeit lag wie bisher beim Bezirk Berlin, der das Programm für die Jungingenieur-Arbeitsgemeinschaften 1938/39 in bewährter Weise vorher festlegte und es im Oktober 1938 in seinen Bezirksmitteilungen veröffentlichte. Es wurden wie im Vorjahre 13 Arbeitsgemeinschaften mit je 10 Vortragsabenden veranstaltet.

Von den übrigen Bezirken waren wieder die Bezirke Danzig, Hansa (Hamburg), Niedersachsen (Hannover) und Südhessen (Darmstadt) besonders erfolgreich in der Pflege von Jungingenieur-Veranstaltungen. Zu einem schönen Erfolg führte auch die Zusammenarbeit des Bezirkes Ruhr-Lippe (Dortmund) des VDE mit dem Westfälischen Bezirksverein des VDI in einem Jungingenieur-Arbeitskreis in Dortmund, in dem 7 Vortrags- und Aussprache-Abende durchgeführt wurden.

Zur vorjährigen Mitgliederversammlung in Köln wurden von den Bezirken sowie zahlreichen Firmen und Elektrizitätswerken Zuschüsse für Jungingenieure gegeben, um ihnen die Teilnahme an der VDE-Tagung zu ermöglichen.

Der ETZ-Teil „Für den Jungingenieur" bzw. „Aus der Jungingenieurarbeit", der laufend weitergeführt wird, fand wie bisher auch über den Kreis der Jungingenieure hinaus lebhaften Anklang.

VDE-Schrifttum.

Die Wissenschaftliche Leitung der „Elektrotechnischen Zeitschrift" hatte, wie in den vergangenen Jahren, das Ziel vor Augen, in der ETZ als dem „Zentralblatt für Elektrotechnik" alle Gebiete gleichmäßig zu behandeln, und so stellt auch der abgelaufene Jahrgang einen Querschnitt durch die neueste Entwicklung der gesamten Elektrotechnik dar. Eine gewisse Bevorzugung erfuhr die Behandlung von Geräten für die Verteilung elektrischer Energie; auch aus der Meßtechnik und der Fernmeldetechnik wurden zahlreiche besonders wichtige Aufsätze veröffentlicht. Neben den üblichen Sonderheften zur Leipziger Messe und zur Kölner Tagung des VDE erschien ein Sonderheft zur Weltkraftkonferenz in Wien, das weitgehende Beachtung fand. Die Veröffentlichung der neuen Vorschriften des VDE für die Ausführung explosionsgeschützter elektrischer Maschinen, Transformatoren und Geräte wurde zum Anlaß genommen, Heft 42/1938 zu einem Fachheft über Explosionsschutz auszugestalten, in dem zahlreiche neue Ergebnisse der Forschung auf diesem Gebiet veröffentlicht wurden.

Das „Archiv für Elektrotechnik" brachte bevorzugt Arbeiten aus dem Gebiet des Elektromaschinenbaues, der Transformatoren und Stromrichter. Die anderen Gebiete, soweit sie für das „Archiv für Elektrotechnik" in Frage kommen, waren gleichmäßig beteiligt.

Die Zeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau" (E und M), das frühere Organ des ehemaligen Elektrotechnischen Vereins in Wien, wurde nach dem Anschluß der Ostmark im Jahre 1938 von der Fachgruppe Energiewissenschaft des NSBDT in Wien zunächst weitergeführt und mit dem Jahreswechsel 1939 vom VDE übernommen und der ETZ-Verlag GmbH. in Verlag gegeben. Der Vorstand des VDE hat der „E und M" — anknüpfend an ihre bisherige Entwicklung — eine Sonderaufgabe als Spezialzeitschrift für elektrische Maschinen, Transformatoren, Stromrichter und elektrische Antriebe übertragen, die gleichzeitig eine Entlastung der ETZ auf diesem Gebiet ermöglicht und den Weiterbestand der „E und M" rechtfertigt. An dem redaktionellen Programm der ETZ wird dadurch eine wesentliche Änderung nicht eintreten, da diese als Zentralblatt der Elektrotechnik die genannten Gebiete auch weiterhin in gebührendem Umfang behandeln wird.

Die fremdsprachigen Auslandszeitschriften, an deren Herausgabe der VDE beteiligt ist, brachten im Jahre 1938 je vier Nummern in französischer, portugiesischer und italienischer Sprache und je zwölf Nummern in englischer und spanischer Sprache heraus.

Von den VDE-Fachberichten erschien der 10. Band im Oktober 1938. Das Erscheinen dieses Bandes wurde zum Anlaß genommen, ein Gesamtinhaltsverzeichnis der Bände 1 bis 10, 1926 bis 1938, herauszubringen, das ein Sachverzeichnis sämtlicher Fachberichte sowie ein Namenverzeichnis der Berichterstatter und der Einführenden enthält. Die VDE-Fachberichte 1938 und das Inhaltsverzeichnis der Bände 1 bis 10 wurden sämtlichen Tagungsteilnehmern zugestellt und darüber hinaus in einer großen Anzahl von Interessenten des In- und Auslandes bezogen.

Die 22. Auflage des VDE-Vorschriftenbuches erschien Ende März 1939 und fand eine besonders lebhafte Nachfrage im In- und Ausland, ganz besonders aber in der Ostmark und im Sudetengau. Neben den Sonderdrucken der VDE-Vorschriften in deutscher Sprache wurden die Übersetzungen von VDE-Vorschriften in fremde Sprachen in gesteigertem Maße ausgebaut. Zur Zeit sind rd. 60 Übersetzungen in englischer, französischer, portugiesischer und spanischer Sprache bezugsfertig bzw. im Druck.

Die von der Informationsstelle für technisches Schrifttum bei der Bibliothek der Technischen Hochschule Berlin bearbeitete „Literaturkartei Elektrotechnik", die vom VDE mit herausgegeben wird, wurde weiter fortgeführt. Auf Veranlassung und mit Unterstützung des VDE wurde erreicht, daß die Erscheinungsweise der einzelnen Lieferungen der Karteikarten erheb-

---

[66]) ETZ 60 (1939) S. 497.
[67]) ETZ 59 (1938) S. 1083.
[68]) ETZ 60 (1939) S. 87, 207, 288, 483.

lich beschleunigt wurde, so daß die Kartei nunmehr als „Schnellkartei" gelten kann und dadurch erheblich an Wert gewonnen hat[69]). Die gleiche Verbesserung erfuhr die als Auszug aus der Gesamtkartei erscheinende „Sonderkartei VDE-Schrifttum", die außerdem noch dadurch bereichert wurde, daß nunmehr auch die Zeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau" erfaßt wird. — Die Zusammenarbeit mit der Schriftleitung der vom Verlag J. Springer unter Mitwirkung des VDE herausgegebenen „Elektrotechnischen Berichte" gestaltete sich sehr erfreulich. Die umfangreiche Berichterstatterorganisation dieser Zeitschrift konnte zur Beschaffung wirtschaftspolitischer Hinweise zur Förderung der deutschen Wirtschaftsfreiheit eine weitergehende Ausnutzung erfahren.

Ausstellungen und Messen.

Auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1939 zeigte der VDE an einem Modellbild, in welchem Umfang die gesamte Elektrotechnik vom Kraftwerk bis zum Tauchsieder und von der Taschenlampenbatterie bis zur größten Fernmeldeanlage durch die VDE-Vorschriften beeinflußt wird[70]). Außerdem wurde eine Ausstellung gezeigt, für welche Geräte und Geräteteile das VDE-Zeichen erteilt wird, so daß die Aufmerksamkeit der Messebesucher besonders auf dieses Kennzeichen der Vorschriftsmäßigkeit gelenkt wurde. Auch in diesem Jahre zeigten die Messebesucher ein großes Interesse an der Ausstellung des VDE und holten sich Auskünfte und Beratungen.

Der Messeausschuß hatte seine segensreiche Tätigkeit wieder aufgenommen. Es wurde in vielen Fällen festgestellt, daß die im Vorjahre gegebenen Hinweise berücksichtigt worden waren und damit dem Grundsatz der Sicherheit elektrischer Anlagen und Geräte Genüge getan war. In anderen Fällen wurden allerdings auch wieder Verstöße gegen die VDE-Bestimmungen festgestellt, doch wurden diesbezügliche Hinweise von den Herstellern mit Dank entgegengenommen und Änderungen in Aussicht gestellt. Auch die Vortragsveranstaltung über „Zeitgemäße Installation", über die bereits vorstehend berichtet wurde, dürfte in vielen Fällen zur Aufklärung der Hersteller und Verbraucher beigetragen haben, welche Annahme insbesondere durch den starken Besuch der Kurztagung berechtigt erscheint.

Der von der ETZ-Verlag GmbH. kostenlos abgegebene Messeführer durch das Haus der Elektrotechnik wurde viel benutzt. Außerdem zeigte die ETZ-Verlag GmbH. auf ihrem Messestand das gesamte VDE-Schrifttum, wobei insbesondere die neue 22. Auflage des Vorschriftenbuches stark gefragt war.

Bei der 15. Großen Deutschen Rundfunkausstellung im August 1938 haben ebenfalls einige Mitglieder des Messeausschusses die ausgestellten Geräte und Geräteteile daraufhin untersucht, ob sie den VDE-Bestimmungen entsprechen. Auch hier haben sich wesentliche Hinweise für die Hersteller ergeben.

VDE-Prüfstelle.

In der Berichtszeit wurden von der VDE-Prüfstelle etwa 1200 Zeichenprüfungen und Begutachtungen ausgeführt, von denen rd. 70% ein günstiges Ergebnis hatten. In der gleichen Zeit wurden etwa 220 Überprüfungen an den mit VDE-Zeichen versehenen Erzeugnissen durchgeführt, die größtenteils den Betrieben der Genehmigungsinhaber entnommen worden waren. Eine Anzahl dieser Prüfungen hatte leider ein ungünstiges Ergebnis und gab der Prüfstelle Veranlassung, von den in der Prüfordnung vorgesehenen Maßnahmen den Herstellern der Erzeugnisse gegenüber Gebrauch zu machen. Mehrfach mußte auch wiederum eine mißbräuchliche Benutzung des Verbandszeichens beanstandet werden. In einigen schwerwiegenden Fällen beantragte die Prüfstelle die strafrechtliche Verfolgung der Angelegenheit. Die Überwachung der Hersteller von isolierten Leitungen und Isolierrohren hatte den gleichen Umfang wie in den Vorjahren. Die Werkkontrollen sowie die Entnahme von Leitungen und Isolierrohren werden bekanntlich auf Grund besonderer Bestimmungen regelmäßig mehrmals im Jahre durchgeführt.

Nach Inkrafttreten von VDE 0608 „Leitsätze für Klemmen zum Anschluß von eindrähtigen Aluminiumleitern mit Querschnitten bis 16 mm²" wurde der Umfang der Prüfungen auch darauf ausgedehnt, ob die verwendeten Klemmen für den Anschluß von isolierten Leitungen mit Aluminiumleitern geeignet sind. Für derartige Klemmen bzw. Geräte wurde die Kennzeichnung durch „Al" eingeführt[71]).

Für die Kennzeichnung probeweise zugelassener Leitungen (z. B. nach VDE 0880) ist ein neuer rot-gelb-schwarzer Kennfaden in Aussicht genommen, der eine Unterscheidung von dem schwarz-roten „Codex-Faden" und dem schwarz-rot-grünen „Umstell-Faden" ermöglicht.

Die Prüfstelle gab nach dem Stande vom 30. 9. 1938 eine Zusammenstellung der erteilten Genehmigungen zur Führung der Verbandskennzeichen heraus[72]).

Mitgliederbewegung.

In der Zeit vom 1. Mai 1938 bis zum 1. Mai 1939 erhöhte sich die Mitgliederzahl um rd. 1500 auf insgesamt etwa 15 500 Mitglieder. Hierbei sind die rd. 1200 Mitglieder der Fachgruppe Energiewissenschaft des NSBDT. in der Ostmark, die wie die VDE-Mitglieder die ETZ erhalten und hinsichtlich ihrer fachlichen Weiterbildung durch Vorträge und dgl. durch den VDE mit betreut werden, nicht mit eingerechnet.

Durch den Tod verloren wir 60 Mitglieder, unter denen sich wieder mehrere eifrige Mitarbeiter des VDE befanden. Besonders schmerzlich berührte uns der Verlust unseres erst bei der vorjährigen Mitgliederversammlung in Köln ernannten Ehrenmitgliedes, des früheren Hauptschriftleiters der ETZ, Obering. E. C. Zehme, der nicht nur durch seine berufliche und ehrenamtliche Tätigkeit, sondern auch durch eine mehr als 50jährige Mitgliedschaft mit dem VDE eng verbunden war[73]). Ferner verloren wir ein langjähriges Mitglied des Vorstandes, Herrn Direktor Dr. R. Hartmann-Kempf, der sich immer besonders für die Aufgaben und Ziele des VDE eingesetzt hat[74]). Aller von uns Gegangenen werden wir stets in Treue und Dankbarkeit gedenken.

69) ETZ 58 (1938) S. 1105.
70) ETZ 60 (1939) S. 471.
71) ETZ 59 (1938) S. 787.
72) ETZ 59 (1938) S. 1051.
73) ETZ 59 (1938) S. 655; 60 (1939) S. 464 u. 529.
74) ETZ 59 (1938) S. 891.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Abschluß des Heftes: 26. Mai 1939.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 8. Juni 1939 | Heft 23

Der Schutzraum von Blitzfang-Vorrichtungen und seine Ermittlung durch Modellversuche.

(Mitteilung aus dem Hochspannungsinstitut Babelsberg der T. H. Berlin).

Von A. Matthias VDE und W. Burkhardtsmaier, Babelsberg.

DK 551.594.22.001.5 : 621.315 : 621.316.98

Übersicht. Es wird über die Weiterführung der Babelsberger Blitz-Modellversuche berichtet. Zunächst werden einige strittige Fragen grundsätzlicher Art an einfachen Anordnungen geklärt. Weitere Versuchsergebnisse betreffen Gefährdung und Schutzraum, insbesondere bei Freileitungen.

A. Einleitung.

In einer früheren Arbeit[1]) sind Modellversuche beschrieben worden, welche im Hochspannungsinstitut Babelsberg der T. H. Berlin durchgeführt wurden und zur grundsätzlichen Klärung einiger Fragen über Blitzeinschläge dienen sollten. Die vorliegende Arbeit stellt eine Fortsetzung dieser Untersuchungen dar. Die dort benutzten Verfahren und Darstellungen sind wieder verwendet worden; im einzelnen wird auf diese Arbeit verwiesen. Es sei nur daran erinnert, daß Spannungsstöße auf eine Metallspitze gegeben werden, welche sich über der Modellanordnung befindet und in verschiedene Lagen zu ihr gebracht werden kann. Die Spitze soll den Kopf eines gegen die Erde vorwachsenden Blitzes darstellen. Nach unserer Auffassung muß die Blitzspitze eine gewisse Mindesthöhe über dem Modell haben, damit der Blitzverlauf möglichst naturwahr nachgebildet wird.

Leider ist durch die verfügbare Spannung eine Grenze gesetzt. Anderseits möchte man aber auch der Genauigkeit des Modells wegen das Objekt nicht zu klein abbilden.

Aus diesen Erwägungen heraus sind umfangreiche Untersuchungen angestellt worden, um über den erforderlichen Mindestabstand zwischen Blitzspitze und Modell Anhaltspunkte zu gewinnen. Leider standen für die bisherigen Versuche nur Spannungen von 500 bis 600 kV zur Verfügung. Dadurch waren die Abstände zwischen Modell und Blitzspitze für positive Blitze auf etwa 100 cm beschränkt, für negative auf 60 bis 70 cm.

Soweit erforderlich, wurden die Versuche mit beiden Polaritäten vorgenommen. Im Schrifttum wurden bisher die Polaritätsangaben auf den Blitzkopf bezogen. Da aber die aus der Erdoberfläche herauswachsenden Gegenentladungen für die Beurteilung des Einschlages von ausschlaggebender Bedeutung sind, wird in vorliegender Arbeit entgegen dieser Gepflogenheit die Polarität der Erdseite angegeben.

B. Grundsätzliche Versuche.

Die grundsätzlichen Versuche betreffen: Höhe der Blitzspitze, Polarität, Wellenform, Häufigkeitsverteilung der Blitze, Modellgestaltung und Schlagweitenunterschiede.

Die zu diesen Versuchen benutzten Modellanordnungen sind in Abb. 1 dargestellt.

S geerdete Spitze (3 mm Draht, schlank zugespitzt, Spitzenwinkel 1:5)
E geerdeter Draht (Dmr. 3 mm)
L Leitungsdraht (Dmr. 3 mm) beiderseits über 500 Ω geerdet
K Kugel (Dmr. 50 mm)
Erdoberfläche: bei a bis e mögl. ebene Metallplatte, bei f und g 15 cm starke Sandschicht

Abb. 1. Modellanordnungen für grundsätzliche Versuche.

1. Blitzwege und ihre Auswertung, Blitzspitzenhöhen.

Hierzu dienten die Anordnungen Abb. 1 a und 1 b. Die Modellhöhe betrug im allgemeinen 5 bis 10 cm. Die Blitzspitze wurde zunächst möglichst hoch in verschiedenen seitlichen Abständen angebracht. Bei jeder Stellung der Blitzspitze wurden unter sonst gleichen Versuchsbedingungen etwa 40 Blitzwege auf einem gemeinsamen Bild photo-

a b

Abb. 2. Blitzwege bei negativer Erdpolarität zwei verschiedener Blitzspitzenlagen. Anordnung: 1 a (Spitze).

[1]) ETZ 58 (1937) S. 881, 928, 973.

graphisch festgehalten. Hierdurch sollte festgestellt werden, welche Blitzwege im jeweiligen Fall vorkamen und welche bevorzugt wurden.

Zunächst sei das Ergebnis an einer Spitze bei negativer Erdplatte (also positiven Blitzen) gezeigt (Abb. 2 a und b). Bei dieser Polarität treten besonders charakteristische seitliche Ausknickungen, gelegentlich auch in verhältnismäßig geringer Höhe hervor. Ähnlich sind die Bilder bei einem Draht (Modellanordnung 1 b) bei gleicher Polarität. Auch die Ausknickungen treten dabei auf (Abb. 3).

Für positive Erdpolarität ergab sich ein ganz anderes Bild, wie die Abb. 4 und 5 im Vergleich mit 2 und 3 zeigen. Die Streubreite des zur Spitze bzw. zum Draht gehenden Blitzbündels ist bei positiver Erdpolarität wesentlich geringer, besonders in unmittelbarer Nähe des Modellgegenstandes. Die Gegenentladungen zeigen deutlich den von der positiven Spitzenentladung her allgemein bekannten Charakter. Die seitlichen Ausknickungen kommen in diesen Bündeln in tieferen Lagen überhaupt nicht mehr vor. Aus dem Vergleich einer größeren Anzahl derartiger Aufnahmen konnte auch mit Sicherheit geschlossen werden, daß bei positiver Erdpolarität die Beeinflussung von der Seite kommender Blitze auf wesentlich größere Entfernungen eintritt (stärkere „anziehende Wirkung"). Interessant ist bei dieser Polarität ein deutlicher Unterschied dieser „anziehenden Wirkung" zwischen Spitze und Draht. Bei der Spitze ist sie wesentlich größer, wie die Gegenüberstellung in Abb. 4 a und b zeigt. Dieser Einfluß ist bei negativer Erdpolarität nur wenig hervorgetreten.

Abb. 3. Blitzwege bei negativer Erdpolarität. Anordnung: 1 b (Draht).

a b

Abb. 4. Blitzwege bei positiver Erdpolarität. Vergleich zwischen Spitze (a) und Draht (b) bei sonst gleichen Versuchsverhältnissen.

Den Einfluß der Blitzspitzenhöhe bei sonst ungeänderten Verhältnissen zeigt der in Abb. 5 gezogene Vergleich. Eine Erhöhung von 55 auf 60 cm hat genügt, um ein breites, zur Erdoberfläche gehendes Streuband fast völlig zum Verschwinden zu bringen. Bemerkenswert ist dabei, daß in Abb. 5 a die Schlagweite zur Spitze 16 % größer ist als zu der nur von einem Blitz getroffenen Erdoberfläche.

Zur Erklärung des starken Polaritätsunterschiedes sei an das verschiedenartige Ausbrechen und Vorwachsen von Entladungskanälen aus scharf gekrümmten Elektroden erinnert. Aus scharfen Krümmungen, auch kleinsten Unebenheiten auf der positiven Seite schießen leicht lange Büschel hervor, die dem vorwachsenden Entladungskanal weit entgegenkommen und sich irgendwo mit ihm zusammenschließen. An solchen Stellen beobachtet man vielfach Doppelwege[2]). Derartige Erscheinungen sind überraschend schön und oft in Abb. 5 a im mittleren Bereich der Funkenbahn zu erkennen. Solche positiven Gegenentladungen weisen dem Blitz schon in ziemlich großer Höhe einen verhältnismäßig geraden Weg zur Einschlagstelle.

a b

Abb. 5. Blitzwege bei positiver Erdpolarität. Vergleich für verschiedene Blitzspitzenhöhen (60 cm bei a, 55 cm bei b). Gleiche seitliche Ausladung. Anordnung: Draht.

Aus negativen Spitzen kommt im Gegensatz hierzu zunächst ein kurzes Büschel, das einen breiten Winkelraum gleichmäßig ausfüllt, und bei dem erst höhere Feldstärken zur stärkeren Betonung einzelner Kanäle führen. Die Vorbedingungen hierfür sind erst bei größerer Annäherung des Blitzkopfes gegeben, bei seitlich niedergehenden Blitzen gelegentlich in tiefen Blitzkopflagen. Im letzteren Falle erfolgt dann noch ein Zusammenschluß über verhältnismäßig flache Querbahnen, die sich aus beginnenden Seitenästen entwickeln. Abb. 2 b zeigt eine Zusammenschlußstelle etwa in der Mitte der tiefsten dort vorkommenden Querbahn. Würde man für verschiedene seitliche Lagen der Ausgangsblitzbahnen aus einer großen Zahl von Aufnahmen die mittlere Höhe der vorkommenden Knickstellen ermitteln, so würde man damit einen Anhalt haben über die Höhenlage, in welcher der Blitz sich im allgemeinen für seine endgültige Bahn entscheidet. Diese Höhenlage wird für verschiedene seitliche Abstände verschieden sein, und zwar wird in dem Bereich der überhaupt für Einschläge in das Modell in Frage kommt, diese Höhe mit zunehmendem seitlichem Abstand vom Modell sich verringern. Aber selbst in seltenen Grenzfällen dürfte nach dem bisherigen Aufnahmematerial die Knickstelle kaum unterhalb der doppelten Modellhöhe liegen; für gewöhnliche Fälle wird man etwa mit der fünffachen Modellhöhe rechnen können. Diese interessante Erscheinung tritt schon bei dieser Polarität, welche von vornherein nach allgemeiner Erfahrung nur einem Siebentel der überhaupt vorkommenden Blitze entspricht, selten auf, bei der anderen Polarität überhaupt nicht in niederen Lagen.

Bei Schutzraumbestimmungen könnte man nun geneigt sein, um mit einer beschränkten Anzahl von Einzelschlägen mit Sicherheit auch die kritischsten Blitzwege zu erfassen, die Blitzspitze von vornherein in solche Lagen zu bringen, in denen die tiefsten Knickstellen bei Untersuchungen nach Art der Abb. 2 und 3 beobachtet worden sind. Das wäre aber überhaupt nur sinnvoll für Blitze mit negativer Erdpolarität, welche, wie oben erwähnt, nur einem Siebentel der vorkommenden Blitze entspricht.

[2]) Wie Fußnote 1, Abb. 4 b, 11 u. 19.

Es darf aber nicht übersehen werden, daß man dabei nicht die gleichen Blitzbahnen erhält wie die, welche von der Knickstelle ausgehend zum Modell geführt hätten. Man beobachtet sogar, daß der Überschlag zur Erdoberfläche aus solchen tiefen Blitzspitzenlagen bevorzugt wird, um so leichter, je tiefer man sie wählt. Die Erklärung mag z. T. darin liegen, daß die nähere Umgebung der metallischen Blitzspitze ohnehin die physikalischen Verhältnisse im Blitzkopf nicht ganz richtig abbildet. Darüber hinaus wird sicherlich eine erhebliche Fälschung dadurch kommen, daß nun für die beiden sich entgegenwachsenden Entladungskanäle die zeitliche Entwicklung eine ganz andere ist als bei dem wesentlich natürlicher abbildenden Versuchsblitz aus größeren Höhenlagen.

Welche Höhe der Blitzspitze noch als einigermaßen zulässig zu betrachten sein dürfte, kann man aus Aufnahmen wie Abb. 2 b und 3 schätzen. Bei allen derartigen Aufnahmen ist oberhalb etwa siebenfacher Modellhöhe noch keine deutliche Teilung des Bündels zu erkennen. Bleibt man also oberhalb dieser Höhe, so ist eine gewisse Gewähr für natürliche Blitzbahnen gegeben, wobei mit Rücksicht auf den metallischen Charakter der Versuchsblitzspitze noch ein Zuschlag empfehlenswert ist. So kommt man auf eine zweckmäßige Blitzspitzenhöhe von acht- bis zehnfacher Modellhöhe. Diese Verhältniswerte sind mit Modellhöhen von 5 bis annähernd 15 cm nachgeprüft worden. Bei der anderen Polarität erfolgt in diesen Höhen noch keine Gabelung. Selbst ein Höhenverhältnis von 30 : 1 scheint nicht ausreichend zu sein, wie sich aus Versuchen mit einem nur 1,5 cm hohen Modell ergab (Abb. 6). Man muß sich aber hüten, mit der Blitzspitze in Höhen zu gehen, welche in der Natur so hohen Blitzköpfen entsprechen, daß bei ihnen mit der Ausbildung eines kräftigen Feldes zur Erde noch nicht zu rechnen ist. Denn nach der Toeplerschen Auffassung über die Blitzentstehung baut sich die Spannung zwischen Blitzkopf und Erde erst während des Vorwachsens auf[3]). Man muß also damit rechnen, daß die Blitzkopfspannung mit zunehmender Höhenlage nicht beliebig hoch ansteigt. Darum scheint es verständlich, auch für positive Erdpolarität ungefähr die für die andere Polarität vorgeschlagenen Verhältniszahlen zu benutzen, solange es sich nicht um Nachbildungen von ungewöhnlich hohen Objekten handelt.

Abb. 6. Blitzwege bei positiver Erdpolarität. Anordnung: 1 b (Draht). Blitzspitzenhöhe 50 cm, Drahthöhe 1,5 cm.

Das umfangreiche Versuchsmaterial über die Blitzwege wurde nun auf folgende Weise ausgewertet: Aus jedem dieser Bilder wurde die wahrscheinlichste Blitzbahn so ermittelt, daß in jeder Höhe beiderseits gleichviel Blitze rechts und links von ihr lagen. Wenn wie in Abb. 2 b eine Anzahl von Blitzen neben der Modellanordnung zur Erde ging, wurden auch diese in die Mittelung mit einbezogen; je nach Lage des Falles ging dann die wahrscheinlichste Blitzbahn entweder zur Modellanordnung oder neben ihr zur Erde.

Für die Anordnung nach Abb. 1 a mit 10 cm Spitzenhöhe zeigt Abb. 7 a für negative Erdpolarität eine Zusammenstellung der wahrscheinlichsten Blitzbahnen bei den durch Dreiecke angedeuteten Blitzspitzenlagen, die der achtfachen Modellhöhe entsprechen. Wie die Abbildung zeigt, gehen die wahrscheinlichsten Blitzbahnen dabei in ihrem oberen Verlauf, noch vom Modell unbeeinflußt, praktisch senkrecht auf die Erde zu. Man kann dann für die Blitze in dieser Höhe eine über die ganze Fläche gleichmäßige Häufigkeitsverteilung annehmen. Legt man nun aber in tiefere Höhen horizontale Schnitte, so erkennt man deutlich eine immer mehr hervortretende ungleichmäßige Häufigkeitsverteilung. Damit ein Einblick in die Streuungsverhältnisse gegeben wird, sind noch zwei Begrenzungslinien punktiert eingezeichnet worden. Über die Linie *s* ragen an keiner Stelle in den Außenraum Blitze hinaus, welche zur Spitze gehen; über die Linie *e* ragen an keiner Stelle in den Innenraum Blitze hinein, welche zur Erde gehen.

Abb. 7. Wahrscheinlichste Blitzwege bei negativer Erdpolarität.

Abb. 8. Wahrscheinlichste Blitzwege für hohe (a) und tiefe (b) Blitzspitzenlage bei negativer Erdpolarität.

In der Abb. 7 b ist eine entsprechende Darstellung für die Anordnung Draht – Erde nach Abb. 1 b gezeichnet. Die vier äußeren Blitzbahnen sind genau ermittelt, die übrigen durch Interpolation gefunden. Daß dieser Kurvenverlauf — wie bereits behauptet — bei geringerer Blitzspitzenhöhe gefälscht wird, ist in Abb. 8 für die Spitzenanordnung gezeigt. Hier ist links noch einmal der Verlauf aus Abb. 7 a wiederholt, rechts sind die Kurven eingezeichnet, welche für geringere Blitzspitzenhöhe nach dem gleichen Mittelungsverfahren gebildet worden sind. Wie bereit erwähnt, ist die Neigung der Blitze, unmittelbar zur Erdoberfläche zu gehen, bei der tieferen Blitzspitzenlage größer.

[3]) Nähere Betrachtungen hierzu s. a. Fußnote 1, S. 881, und Abb. 1.

Versucht man, aus dem vorhandenen Beobachtungsmaterial derartige Darstellungen für positive Erdpolarität zu entwickeln, so kommt man auf wahrscheinlichste Blitzbahnen, die nach innen gekrümmt sind und selbst bei den größten Blitzspitzenhöhen noch nicht in einen senkrechten Verlauf übergehen. Das steht im Einklang mit früheren Darlegungen und zeigt, daß diese Darstellung für die positive Erdpolarität nicht verwendbar ist.

2. Einfluß der Blitzspitzenhöhe bei Leitungsanordnungen.

Bei der Wichtigkeit der Untersuchung von Freileitungsmodellen wurde auch für Leiteranordnungen der Einfluß der Blitzspitzenhöhe durch einige grundsätzliche Versuche klargestellt. Hierzu dienten Anordnungen nach Abb. 1 f und g. Die gewählten Blitzspitzenlagen bilden den Mittelpunkt der in Abb. 9 a und b eingezeichneten Kreise. Der Grad ihrer Ausfüllung zeigt den Anteil der Leiterseileinschläge. Der unausgefüllte Rest entspricht den Einschlägen in Erdseile und Erdboden. Für die Anordnung 1 g zeigt Abb. 9 a, wie zu erwarten war, eine Zunahme der Einschläge in das Leiterseil, sobald die

Abb. 9. Einfluß der Blitzspitzenhöhe bei Leitungsanordnungen.

Blitzspitze unnatürlich weit gesenkt wird. Für Anordnung 1 f mit seitlich herausragendem Leiterseil sind die Ergebnisse in Abb. 9 b für drei verschiedene Seitenlagen der Blitzspitze eingetragen. Nur bei geringerem seitlichem Abstand nehmen hier ebenfalls die Leiterseileinschläge zu. In größerem Abstand treten in niederen Lagen Erdeinschläge hinzu, welche den Anteil der Leiterseileinschläge wieder schwächen.

3. Einfluß der Modellgestaltung.

Es sollte untersucht werden, wie bei Anordnungen, bei denen der Einschlag wahlweise zu Modellpunkten mit verschiedener Oberflächenkrümmung gehen konnte, die Verteilung von den geometrischen Abständen abhängt. Es wurde Wert darauf gelegt, in diesem Zusammenhang auch den Polaritätseinfluß zu beachten.

Zuerst wurde die Anordnung 1 a gewählt und die Blitzspitze in Lagen gebracht, in denen sowohl Einschläge in die Spitze als auch in die Erdoberfläche zu erwarten waren. Es wurde dabei keine Rücksicht darauf genommen, ob die Blitzspitzenlage natürlich oder unnatürlich war. In Abb. 10 sind die Ergebnisse angegeben, und zwar gilt 10 a für positive Erdpolarität, 10 b für negative. Der Grad der Ausfüllung der Kreise entspricht dem Anteil der Spitzeneinschläge, der unausgefüllte Rest den Einschlägen in die Erdoberfläche. Die eingezeichneten Linien verbinden rein geometrisch die Punkte gleichen Abstandes von beiden Objekten. Der Polaritätseinfluß zeigt sich darin, daß bei positiver Erdpolarität Erdeinschläge nur unterhalb dieser Linie vorkamen, und zwar in einem breiten Streugebiet mit verschiedenem prozentigem Anteil. Bei negativer Erdpolarität gingen schon auf der Linie und unterhalb von ihr alle Blitze zur Erde; das auch hier breite Streuband lag ganz oberhalb. Die Linie, welche gleichviel Einschläge zu beiden Stellen gab, würde bei positiver Erdpolarität merklich tiefer als die eingezeichnete Linie, bei negativer Erdpolarität höher liegen.

Abb. 10. Verteilung der Einschläge auf Spitze und Ebene bei verschiedenen Blitzspitzenlagen.

Derartige Untersuchungen wurden auch mit der Anordnung 1 b gemacht. Sie ergaben bei negativer Erdpolarität etwa gleiche Verhältnisse, bei positiver Erdpolarität würde die Linie gleicher Einschlagshäufigkeit etwas höher liegen als bei der Spitze. Ein weiterer Versuch dieser Art wurde mit der Anordnung 1 c unternommen. Es wurden Blitzspitzenlagen gewählt, bei denen Einschläge in die Ebene nicht vorkamen. Es interessierte, wie sich die Einschläge auf die beiden verschieden hohen Drähte verteilten. In Abb. 11 ist das Ergebnis dargestellt.

Abb. 11. Verteilung der Einschläge auf zwei Drähte.

Die Ausfüllung der Kreise bezieht sich auf den oberen Draht. Die gestrichelte Linie verbindet Punkte gleichen geometrischen Abstandes von beiden Drähten. Außer dieser Linie ist noch die durch Interpolation ermittelte Linie gleicher Verteilung der Einschläge auf beide Drähte eingetragen. Diese Linie fällt bei negativer Erdseite einigermaßen mit der geometrischen Mittellinie zusammen, bei positiver Erdseite liegt sie aber wesentlich tiefer. Man hat also auch hier bei gleicher geometrischer Form der beiden Gebilde (Drähte) einen deutlichen Polaritätseinfluß, hervorgerufen durch die verschiedene Erdnähe.

Daß die Schlagweite allein nicht maßgebend ist, zeigt sich auch, wenn beide Gebilde ganz verschiedene geometrische Gestalt haben. Das wurde mit den Anordnun-

gen 1 d und 1 e untersucht. In Abb. 12 bedeutet *1* die in allen Fällen als höchste Erhebung dienende Spitze, *5* die für alle Versuche einheitliche Blitzspitzenlage. Als zweite Erhebung auf der Erdoberfläche wurde wahlweise die Spitze *2*, die Kugel in Lage *3* oder die Kugel in Lage *4* gewählt. Der um den Punkt *5* durch die Spitze *1* gelegte Kreis läßt die verschiedenen Abstände von der Blitzspitze vergleichen. Man erkennt, daß die beiden Gebilde verschieden tief in diesen Kreis hineinragen. Die Lage der Blitzspitze war so gewählt worden, daß die Einschläge zwischen der überragenden Spitze *1*, dem Erdboden und dem jeweils dazwischen liegenden Gebilde streuten. Beim Versuch mit der Spitze *2* gingen 25 % der Einschläge in diese. Wurde sie durch die Kugel in Lage *3* ersetzt, so gingen in diese überhaupt keine Einschläge trotz des geringeren Abstandes. Selbst in Lage *4* der Kugel, bei welcher der geometrische Abstand noch kleiner wurde, gingen nicht mehr als 30 % aller Einschläge in sie.

Abb. 12. Einfluß der Modellgestaltung auf die Einschlagszahl.

Blitzspitze

positive Erdpolarität

4. Einfluß der Wellenform.

Sicherlich ist auch die Form der Stoßwelle und die Lage des Überschlagspunktes auf ihr von Einfluß auf das Versuchsergebnis. Es ist zweckmäßig, eine möglichst hohe und steile Welle zur Verfügung zu haben, denn es wird nicht gleichgültig sein, ob der Überschlag in der Stirn oder im Rücken erfolgt. Leider war die erreichbare Spannung so gering, daß man sich im allgemeinen damit begnügen mußte, die Versuche mit Rückenüberschlägen anzustellen. Um Anhaltspunkte für die Beurteilung dieser Frage zu gewinnen, wurden folgende zwei Arten von Versuchen gemacht: Bei der ersten Art wurde bei gleicher Höhe der Urwelle und bei geringer Überschreitung der Minimum-Stoßspannung die Frontsteilheit geändert und die Funkenentladung bei Anordnung 1 a photographiert. Es ergaben sich zwar Unterschiede, sie lagen aber im Bereiche der üblichen Streuung. Bei der anderen Versuchsart wurde die Anordnung 1 g benutzt. Diesmal wurde die Stirnzeit konstant gelassen, aber die Höhe der Urwelle in möglichst weiten Grenzen geändert. Die Abmessungen der Versuchsanordnung waren: Höhe der Erdseile über Leiterseil: 2 cm, gegenseitiger Abstand der Erdseile bei positiver Erdpolarität: 24 cm, bei negativer Erdpolarität: 16 cm. Die Blitzspitze befand sich senkrecht über dem Leiterseil, ihre Höhe über den Erdseilen konnte bei dieser Art von Versuchen leider nur zu 25 cm gewählt werden. Bei positiver Erdpolarität betrug der Prozentsatz der Leiterseileinschläge bei der Minimumspannung 60, bei Überschlägen in der Stirn bei einem Spannungswert, der um ein Viertel über der Minimumspannung lag, nur noch 10. Die entsprechenden Prozentsätze für negative Erdpolarität sind 25 bzw. 10.

Ein genaues Verfolgen dieser Unterschiede würde eine sehr leistungsfähige Stoßanlage erforderlich machen. Es wäre aber wünschenswert, grundsätzlich die Versuche sowohl mit Rücken- als auch Stirnüberschlägen zu machen, da beide in der Natur vorkommen werden und je nach Lage des Falles das eine oder andere Ergebnis am wichtigsten ist. Für praktisch interessierende Fälle werden aber oft Rückenüberschläge maßgebend sein, z. B. bei der untersuchten Anordnung 1 g.

Zusammenfassend kann aus den grundsätzlichen Versuchen geschlossen werden: Die Naturtreue des angewendeten Verfahrens dürfte als weitgehend gesichert gelten, wenn man die Versuchsbedingungen zweckmäßig wählt und nicht außergewöhnlich hohe Objekte untersuchen will. Am wichtigsten ist die Beachtung der Blitzspitzenhöhe, die nach den bisherigen Ergebnissen zweckmäßig etwa das 8- bis 10fache der Modellhöhe betragen sollte. Ist man genötigt, geringere Blitzspitzenhöhen zu verwenden, so kann man sich durch Korrekturen notdürftig helfen, welche in den nächsten Abschnitten noch ausführlich behandelt werden. Ein Polaritätseinfluß ist offenkundig vorhanden und kann nicht außer acht gelassen werden, zumal er bei Betrachtungen über Gefährdung und über Schutzbereich im entgegengesetzten Sinne sich auswirken kann. Der Einfluß der Oberflächengestalt tritt im allgemeinen nicht so weit zurück, daß man ihn beim Vergleich von Schlagweiten vernachlässigen kann. Die Blitzwege sind so stark von Zufälligkeiten abhängig, daß mit breiten Streugebieten zu rechnen ist. Das gilt nicht nur für Ausbuchtungen des Blitzweges zu einer einzelnen Erhebung, sondern in geeigneten Fällen auch für die Auswahl der Einschlagstelle überhaupt.

C. Betrachtungen über Gefährdung und Schutzraum.

Es sei an Abb. 7 angeknüpft, in welcher für die Anordnungen 1 a und 1 b die wahrscheinlichsten Blitzbahnen aufgezeichnet sind. Derartige Bilder können dazu dienen, die Gefährdung einer einzelnen, der Anordnung entsprechenden Erhebung zahlenmäßig anzugeben, wenn sie — wie Abb. 7 — mit Blitzen aus solcher Höhe aufgenommen sind, daß die wahrscheinlichsten Blitzbahnen praktisch als paralleles Bündel beginnen. Unter der Annahme gleichmäßiger Häufigkeitsverteilung der Blitze aus diesen Höhen ist nämlich die Fläche, aus welcher die wahrscheinlichsten Blitzbahnen zur Erhebung gehen, ein Maß für die Gefährdung derselben.

Genau genommen liegt innerhalb dieser Fläche noch ein bis zur Linie *e* reichender Streustreifen, der die Zahl der zur Spitze gehenden Blitze vermindert. Andererseits liegt außerhalb bis zur Linie *s* noch ein Streustreifen, welcher sie vermehrt. Im Rahmen dieser Betrachtungen kann man aber mit genügender Genauigkeit annehmen, daß diese Abweichungen sich kompensieren, so daß man an der vorher entwickelten mittleren Gefährdungsfläche keine Korrektur anzubringen braucht.

Vergleicht man zwei solcher Einzelerhebungen von verschiedener Höhe miteinander, so ändert sich Abb. 7 maßstabgetreu. Bei rotationssymmetrischen Anordnungen — Spitze — muß also, da der Radius des Kreises mit der Höhe wächst, die Gefährdung mit dem Quadrat der Höhe zunehmen. Bei Anordnungen mit horizontaler Längserstreckung — Draht — erhält man als Gefährdungsfläche einen Streifen. Die Breite dieses Streifens und damit die Gefährdung wächst jetzt proportional mit der Höhe der Erhebung. Handelt es sich um eine nicht beliebig lange Leitung, z. B. auf dem First eines Gebäudes, so kann man den für die Spitze gefundenen Kreis durch einen zwischengeschobenen Rechteckstreifen erweitert denken unter Ausgleich der etwa voneinander abweichenden Flächenausdehnungen an den Übergangsstellen. Zwei nebeneinanderstehende Spitzen können in ähnlicher Weise durch Überlagerung zweier Kreise behandelt werden.

Für negative Erdseite, auf welche sich Abb. 7 bezieht, ist für die Spitze der Radius des Gefährdungskreises etwa viermal so groß wie die Höhe der Erhebung. Für den Draht ist zwar der Verlauf der wahrscheinlichsten Blitzbahnen im unteren Teil merklich anders, die Breite des Gefährdungsstreifens unterscheidet sich aber kaum vom Durchmesser des Gefährdungskreises bei der gleich hohen Spitze.

Die Übertragung dieser Betrachtung auf positive Erdpolarität ist dadurch erschwert, daß — wie bereits erörtert — mit einem Parallelverlauf der wahrscheinlichsten Blitzbahnen selbst in größeren Höhen noch nicht zu rechnen ist. Es läßt sich aber jedenfalls sagen, daß die Gefährdung wesentlich größer werden kann. Für mittlere Verhältnisse wird man schätzungsweise mit rund doppeltem Gefährdungsdurchmesser rechnen können wie für die gleiche Anordnung bei der anderen Polarität.

Geht man nunmehr dazu über, die Erhebung nicht mehr als gefährdeten Gegenstand, sondern als schützende Fangvorrichtung zu betrachten, so darf man nicht etwa annehmen, daß die Projektion der Gefährdungsfläche auf der glatten Ebene eine Schutzfläche abgrenzt, in welche keine Blitze hineinschlagen. An ihrem Rande ist aber immerhin die Blitzdichte durch die Schutzwirkung der Spitze auf etwa 50 % verringert. Dieser Prozentsatz nimmt nach innen zu weiter ab und erreicht an der Grenze e den Wert Null. Das dazwischenliegende Gebiet kann man mit einer gewissen Berechtigung als ein Gebiet beschränkter Schutzwirkung bezeichnen. Innerhalb der Grenze e liegt das völlig geschützte Gebiet.

Die Lage, welche man für die Grenze e findet, hängt natürlich von der gewählten Schlagzahl ab. Die in Abb. 7 eingetragenen Grenzen sind aus Hunderten von Schlägen, die für die Zählung in Betracht kamen, ermittelt. Für die Spitze ist die Entfernung dieser Grenze von ihrem Fußpunkt gleich der 1,8fachen Höhe; die entsprechende Zahl für den Draht ist 1,6.

In Wirklichkeit wird man aber niemals mit einer völlig glatten Ebene rechnen können. Schon geringe Erhebungen mit Spitzenwirkung können das Bild verändern, am meisten eine einzelstehende, aus der Ebene vorwachsende Spitze. Den Schutzraum einer beliebigen Fangvorrichtung nach dem üblichen Sprachgebrauch bestimmt man daher unter Verwendung einer solchen Spitze als Probekörper. Für den Leitungsbau ist es sinngemäß, dafür einen horizontal ausgespannten Draht zu verwenden.

Zur Schutzraumbestimmung muß man das Modellgebilde mit Versuchsblitzen aus dem Gefährdungsgebiet bestreichen; die Blitzspitze soll dabei nach Möglichkeit in solche Höhe gebracht werden, daß sie natürliche Blitze ergibt. Dabei muß man den Probekörper so lange verschieben, bis er von keinem Einschlag mehr getroffen wird. Wieviel Schläge man dabei verwenden muß, hängt auch hier davon ab, mit welcher Sicherheit man die Schutzraumbestimmung vornehmen will. Nach 100 günstigen Schlägen kann immer noch der 101. den Probekörper treffen.

Sobald letzterer aus dem so bestimmten Schutzraum auch nur wenig herausragt, wird natürlich die Zahl der Schläge, die er auf sich zieht, schnell zunehmen. In manchen Fällen, z. B. im Leitungsbau, wird man aber eine beschränkte Gefährdung auf ihre Zulässigkeit hin vom wirtschaftlichen Standpunkt aus erörtern.

Dazu braucht man ein Maß für die Gefährdung des zu schützenden Gegenstandes. Zu diesem Zweck führen wir zunächst eine Größe N ein, welche die Zahl der Blitze angibt, die in der ungestörten Ebene während eines bestimmten Zeitraumes die Flächeneinheit treffen. Wir nennen sie Blitzdichte. Dieser Wert gilt auch noch über einer Erhebung beliebiger Form in einer Höhenlage, in der die Blitzdichte noch gleichmäßig ist. Wir denken uns nun in einer solchen Höhe die Blitzspitze über das in Betracht kommende Gebiet bewegt und für jede Stelle die relative Trefferzahl z für das zu untersuchende Gebilde bestimmt. Die Integration von z über die ganze Fläche gibt multipliziert mit N die Gesamtzahl der Blitze, die in dem betrachteten Zeitraum in das zu untersuchende Gebilde gehen. Der Integralwert gibt ohne Kenntnis der Zahl N bereits ein Maß für die Gefährdung, denn er stellt eine Äquivalentfläche dar, in welche in der Ebene genau so viele Blitze gehen würden wie in das untersuchte Gebilde. Im allgemeinen hat nur die Größe dieser Fläche, nicht ihre Lage Bedeutung. Bei einem rotationssymmetrischen Gebilde würde man diese Fläche zweckmäßig als Kreis um den Fußpunkt angeben, bei einer Leitung als Geländestreifen.

Dieses Verfahren kann man nun auf beliebige Gebilde und ihre Teile anwenden. Für die Anordnung 1 a wurde z. B. der Radius des äquivalenten Gefährdungskreises bereits durch eine vereinfachte Betrachtung für negative Erdpolarität als vierfache Spitzenhöhe ermittelt. Die Vereinfachung bestand in dem Ausgleich für das Randgebiet an Stelle einer genaueren Integration. Diese Vereinfachung kann aber nicht auf beliebige Fälle übertragen werden.

Bei Gebilden mit mehreren Teilen, z. B. Fangvorrichtung und zu schützenden Gegenstand, kann man für jeden Teil und für das Ganze die äquivalenten Gefährdungsflächen einzeln bestimmen und durch Division relative Gefährdungszahlen bilden.

Wir betrachten nun im besonderen eine Anordnung, die aus einer Fangstange und einer Probespitze besteht. Um den Fußpunkt der Fangstange denken wir uns den Gefährdungskreis geschlagen, den sie ohne das Vorhandensein der Probespitze haben würde. Diese lassen wir nun innerhalb dieses Kreises allmählich aus der Ebene herauswachsen und denken uns jeweils um ihren Fußpunkt den Gefährdungskreis für ihr alleiniges Bestehen geschlagen (Abb. 13). Solange dieser Kreis über den großen noch nicht herausragt, kann angenähert angenommen werden, daß die Zahl der Blitze, welche das Gesamtgebilde treffen, sich nicht verändert hat. Der äußere Kreis gilt solange als Gefährdungsfläche für das Gesamtgebilde. Nur hat die Probespitze einen Teil der Blitze von der Fangstange abgezogen. In dieser Grenzlage reicht die Probespitze bis zu einer Geraden, welche die Fangspitze mit dem Rande des äußeren Gefährdungskreises verbindet. Allgemein kann man sagen, daß — solange zu schützende Gegenstände nicht über einen Kegel mit einer Neigung 1 : 4 hinausgehen — die Gefährdung des Gesamtgebildes sich nur nach dem höchsten Punkt richtet.

Abb. 13. Entwicklung der Gefährdung bei zwei Spitzen.

Eine angenäherte Betrachtung läßt vermuten, daß ein Gegenstand, welcher die Kegelfläche erreicht, höchstens die Hälfte der Blitze auf sich zieht, von denen er bei alleinigem Vorhandensein getroffen würde. Handelt es sich um in horizontaler Richtung langgestreckte Gebilde, insbesondere also Leitungen, so kann man ähnliche Betrachtungen anstellen. Die Neigung der jetzt an die Stelle des Kegels tretenden Dachfläche wird nicht wesentlich anders sein, wie man aus dem Vergleich zwischen Abb. 7 a und b sieht.

Bei vorstehenden Betrachtungen waren genügend hohe Blitzspitzenlagen vorausgesetzt. Arbeitet man aber notgedrungen oder absichtlich mit geringeren Blitzspitzenhöhen, so wird die Berechnung der Gefährdung sehr problematisch, denn man muß nun damit rechnen.

daß, wie in Abb. 7, in niedrigen Lagen die Blitze in ungleichmäßiger Dichte über die Gefährdungsfläche verteilt sind. Bei der Integration über eine solche unnatürlich tief liegende Ausgangsfläche muß man außer der Veränderung der z-Werte auch die Veränderung der Blitzdichte N beachten. Den hierzu erforderlichen Verteilungsschlüssel kann man für jede Höhenlage aus Abb. 7a bzw. 7b bestimmen. Diese Korrektur beseitigt aber noch nicht die Fehlerquellen, welche dadurch entstehen, daß unzulässig tiefe Blitzspitzenlagen auf den physikalischen Vorgang fälschende Rückwirkungen haben, wie in Abschnitt B ausführlich behandelt. *(Schluß folgt.)*

Fortschritte im Röntgenröhrenbau.

Von A. Wölfel, Rudolstadt.

DK 621.386.1

Übersicht. Der Aufsatz bringt eine kurze Übersicht über die Entwicklung der abgeschmolzenen Röntgenröhre nach Einführung der Glühkathode. Zunächst werden die medizinischen Röhren behandelt und dann die für Werkstoffuntersuchung, und zwar technische, von der Pumpe abgeschmolzene Röhren.

Das Arbeiten mit den ersten Röntgenröhren, Gasröhren oder Ionenröhren genannt, war recht schwierig, weil Strom und Spannung voneinander abhängig waren. Außerdem änderte sich trotz günstigster Entgasung der Elektroden das Vakuum durch Anlagerung von Ionen an die Glaswand, durch Bindung an zerstäubtes Metall und dadurch, daß Ionen in die Kathode hineingeschossen wurden und darin stecken blieben. Mit dem Vakuum änderte sich aber nicht nur Strom und Spannung, sondern auch der ganze Charakter des erzeugten Strahlengemisches und auch der Brennfleck, d. i. die Stelle der Anode, wo die Elektronen aufprallen und demzufolge die Röntgenstrahlen ausgehen.

Daher versuchte Lilienfeld 1912 die von Richardson gemachte Entdeckung, daß ein im Hochvakuum befindlicher glühender Körper Elektronen aussendet, für die Erzeugung von Röntgenstrahlen nutzbar zu machen. In einem Nebenraum seiner Röhre erzeugte Lilienfeld durch einen auf Weißglut erhitzten Tantaldraht freie Elektronen. Ein Hohlzylinder aus Aluminium, Lochkathode genannt, verband den Nebenraum mit dem Entladungsraum der Röhre. Eine zwischen Glühdraht und Lochkathode angelegte Hilfsspannung zog aus dem Nebenraum Elektronen weg, die durch die hohe Gleichspannung zwischen Lochkathode und Anode zur Anode hin beschleunigt wurden. Die Lilienfeld-Röhre erlangte keine große Bedeutung, weil es recht schwierig war, mit dieser Anordnung gut belegte Brennflecke und größere Ströme zu erzielen.

Die 1913 vom Amerikaner Coolidge herausgebrachte Elektronenröhre löste das Problem wesentlich einfacher und günstiger. Als Elektronenquelle dient eine hoch erhitzte Wolframspirale, die von einem mit dem Glühdraht auf gleichem Potential befindlichen Metallzylinder umgeben ist. Durch geeignete Form dieser Sammelvorrichtung, durch passende Wölbung der Wolframspirale, durch geeigneten Sitz der Spirale im Zylinder, kann man einen Brennfleck beliebiger Größe und beliebiger Belegung erzielen. Die Elektronenröhre ist der Ionenröhre dadurch wesentlich überlegen, daß man Strom und Spannung unabhängig voneinander regeln kann.

Da die fabrikmäßig hergestellten Röntgenröhren bis vor etwa 10 Jahren fast ausschließlich medizinischen Zwecken dienten, wurde ihre Entwicklung durch die Erfordernisse der medizinischen Praxis entscheidend beeinflußt. Wegen der Gefährlichkeit der Röntgenstrahlen für den Gesamtorganismus betrieb man die Röhren in Schutzhauben. Sie bestanden anfangs aus Holz, das mit Bleiblech oder Bleigummi ausgekleidet war, später aus Bleiglas. Sie waren schwer und unhandlich. Daher verlangte der Arzt leichte, elegante Konstruktionen.

Man packte das Problem verschieden an. Die einen gingen von der Überlegung aus, daß der Strahlenschutz dann mit geringstem Gewichtsaufwand erzielt werden kann, wenn die ungewollte Strahlung unmittelbar am Entstehungsherd abgeschirmt wird. So entstanden die Röhren mit sogenannten Schutzelektroden (Abb. 1a), die auch heute noch eine große Bedeutung haben.

a Anode mit Schutzkopf
b Metalix-Prinzip
c Multix-Prinzip
d Doglas-Prinzip

A Anode
B_1, B_2 Bohrungen der Kupferhaube
B_e Berylliumscheibe
E met. Elektronen-Schutzzylinder
R innerer Glaszylinder
G, G_1, G_2 Glaszylinder
K Kathode
M Metallwand
P_b Bleimantel

Abb. 1. Grundsätzliche Darstellung des Entladungsraumes neuzeitlicher Röntgenröhren mit Maßnahmen gegen Sekundärelektronen und unerwünschte Röntgenstrahlen.

Auf dem Anodenkopf A ist eine dicke Kupferhaube angebracht mit zwei zueinander senkrechten Bohrungen. Durch die Bohrung B_1 treten die Elektronen ein, durch B_2 die Röntgenstrahlen aus. B_2 ist mit einer Berylliumscheibe Be verschlossen, die den Austritt von Sekundärelektronen verhindert, die Röntgenstrahlung aber fast ungeschwächt hindurchgehen läßt. Zur Ergänzung des Strahlenschutzes ist die Kathode K massiv aus Eisen gearbeitet. Die im Brennfleck ausgelösten Sekundärelektronen prallen in Röhren mit offenen Elektroden auf den Anodenschaft und erzeugen Stielstrahlung, die als diffuse Strahlung bildverschlechternd wirkt, zum Teil prallen sie auf die Glaswand und laden sie negativ auf. Das bringt die Gefahr des Nachgasens der Glaswand und eine ungünstige Spannungsverteilung. Nur etwa ¼ der Spannung entfällt auf die kathoden-, ¾ auf die anodenseitige Röhrenhälfte. Weil die Sekundärelektronen fast vollständig abgeschirmt werden, sind Röhren mit Schutzelektroden recht spannungssicher; weil die Stielstrahlung praktisch beseitigt ist, ergeben sie klarere Röntgenbilder. Leider ist die im Nutzstrahlenkegel in der Glaswand erzeugte sekundäre Röntgenstrahlung so bedeutend, daß die Röhren ausreichenden Strahlenschutz nur bei zusätzlicher Verwendung von Schutzmitteln bieten.

Mit der Selbstschutzröhre war man andere Wege gegangen. Man hatte hier das nächstliegende gemacht, man benutzte einen glatten zylindrischen Glas-

körper und maß der Röhre die Schutzhaube eng auf den Leib zu. Der Strahlenschutz der Röhre war gut, sie befriedigte jedoch hinsichtlich Spannungssicherheit nicht recht. Die im Entladungsraum zu nahe, ungeschützte Glaswand wurde durch Sekundärelektronen zu stark beschossen.

Eine bessere Lösung brachte der metallische Entladungsraum. Man ersetzte in der Nähe des Entladungsraumes die zylindrische Glaswand durch Metall. Der Metallwand *M* (Abb. 1 b) schaden die aufprallenden Elektronen nicht. Die eng anliegende zylindrische Schutzhaube besteht jetzt aus einem metallischen Mittelteil mit Bleieinlage und zwei Bakelitmänteln, die zur Ergänzung des Strahlenschutzes Schwermetallsalze enthalten. Diese Konstruktion ist unter dem Namen Metalix-Röhre bekannt.

Auf andere Art wurde das Problem des metallischen Entladungsraumes bei der Multix-Röhre (Abb. 1 c) gelöst. Sie hat durchgehende Glaswand. Im Innern des mittleren Röhrenteiles ist ein mit einem Austrittsfenster für die Röntgenstrahlen versehener Elektronenschutzzylinder *E* angebracht. Er ist durch in die Glaswand eingestochene Platindrähte gehalten und mit dem auf der äußeren Glaswand befindlichen Bleibelag *Pb* durch einen durchgeschmolzenen Platindraht leitend verbunden. Die Glaswand liegt also im gefährdeten Bereich zwischen zwei auf gleichem Potential befindlichen Leitern und kann nicht durchgeschlagen werden. Den Strahlenschutz ergänzen Bleiporzellanrohre und Endabdeckungen mit Bleigummieinlage.

Bei der Metalix- und Multix-Röhre werden die metallischen Mittelteile durch Sekundärelektronen stark negativ aufgeladen, sie können daher in der Mitte nicht geerdet, müssen mit Isolatoren gehaltert werden.

Das störte sehr, als der Wunsch laut wurde, den Strahlenschutz noch durch Hochspannungsschutz zu ergänzen. Mit in der Mitte erdbaren Röhren mit stetiger Potentialverteilung über die ganze Rohrlänge wäre die Haubenfrage am einfachsten zu lösen gewesen. Man fand eine gute Lösung mit der Doppelwandröhre, Doglas-Röhre (Abb. 1 d) genannt. Durch Sekundärelektronen wird nur die innere Glaswand aufgeladen. Die Vakuumstrecke zwischen beiden Glaswänden ist ein guter Isolator, daher gleichmäßige Spannungsverteilung über die ganze Röhre. Man kann zum Strahlenschutz in der Mitte Bleiblech *Pb* unmittelbar auf die Glaswand legen und mit der geerdeten Haube leitend verbinden. Es ist natürlich möglich, auch Röhren nach dem Metalix- und Multix-Prinzip in Hauben einzubauen, man muß dann aber gewisse Vorsichtsmaßnahmen in Kauf nehmen.

Man ging später noch einen Schritt weiter und baute Röhre und Transformator zu einer Einheit zusammen; hierdurch ist der Hochspannungsschutz am einfachsten gelöst. Spitzenleistungen sind die Röntgenkugel[1]), bei der Hochspannungstransformator und Röhre bei 60 kV Betriebsspannung in einem Kugelgehäuse von nur 22 cm Dmr. untergebracht sind (12 kg Gewicht), und der Zentralix-Apparat[2]), der eine ähnliche Leistung aufweist. Hier ist das kleine zylindrische Röhrchen in einer zentralen Aussparung des Transformatorkerns angeordnet. Man baut jetzt auch Einkesselapparate höherer Leistung, und zwar Diagnostikapparate bis etwa 100 kV Scheitelspannung und 6 kW Kurzzeitbelastung, Therapie-Einkesselapparate bis 200 kV, in Amerika sogar 400 kV Scheitelspannung.

Sobald man die Röntgenröhre im Einkesselapparat oder auch in einer Haube in Öl lagert, bietet die Röhre mit Schutzelektroden aus oben dargelegten Gründen erhebliche Vorteile. Weil die Sekundär-Elektronen fast völlig fehlen, sind die Röhren bei sehr kleinen Abmessungen spannungssicher und durchschlagfest.

Strahlenschutz- und Hochspannungsschutzproblem beeinflußten die Entwicklung der Diagnostik- und Therapieröhren gleichermaßen. Darüber hinaus brachte die Forderung nach Verbesserung der Bildleistung bei den Diagnostikröhren eine interessante Entwicklung. Röntgenbilder sind Zentralprojektionen (Schattenbilder). Sie werden daher um so schärfer, je kleiner die Fläche der Lichtquelle, d. h. je kleiner der Brennfleck ist. Um im Film das latente Bild zu erzeugen, braucht man eine gewisse Röntgenstrahlenmenge, das bedeutet in der Röhre einen gewissen Energieumsatz. Macht man Aufnahmen von ruhenden Körperteilen, z. B. Extremitäten, so kann man in entsprechend langer Zeit mit einem kleinen Brennfleck gute Bilder erzeugen. Soll man aber bewegte Organe darstellen, wie Herz, Lunge, Magen, dann muß die Aufnahme in kurzer Zeit gemacht werden, wenn sie scharf sein soll, verschieben sich doch Lungenteilchen z. B. bis zu 15 mm in der Sekunde. Die Gesamtunschärfe des Bildes wird daher geringer, wenn man eine kleine Verschlechterung der geometrischen Unschärfe durch einen größeren Brennfleck in Kauf nimmt, wenn dabei die Bewegungsschärfe erheblich verkleinert wird, weil die hohe Belastbarkeit des Brennfleckes gestattet, die Aufnahme in kurzer Zeit zu machen.

A Anode
C Anodenachse
E Feldring
F Brennfleck
K Kathode
S Ständer
W Wolframschicht

Abb. 2. Aufbau der Rotalix-Röhre[3]).

Um dem Arzt die Möglichkeit zu geben, mit der gleichen Röhre optimal zu arbeiten, schuf man die Dofok-Röhre. Sie hat zwei unabhängig voneinander zu betreibende Brennflecke, einen kleinen mit etwa 2 kW belastbar, den der Arzt für Durchleuchtung und Aufnahmen ruhender Körperteile benutzt, und einen großen mit 6 oder 10 kW belastbar, für Kurzzeitaufnahmen bewegter Organe.

Die Frage, einem möglichst kleinen Brennfleck große Energie kurzzeitig aufzudrücken, blieb trotzdem dringend, denn nur dann konnte geometrische und Bewegungsunschärfe klein werden. Der erste Schritt zur Erhöhung der Belastbarkeit bei gleichem optisch wirksamem Brennfleck geschah durch die Einführung des Strichbrennfleckes. An Stelle eines Elektronenbündels von kreisförmigem Querschnitt benutzte man ein Bündel mit rechteckigem Querschnitt und erzeugte auf der Anode einen bandförmigen Brennfleck mit der großen Achse in Richtung des Zentralstrahles. Die Abschrägung der Anode wurde so gewählt, daß bei der Aufnahme das Brennfleckband als Quadrat erscheint. Die Erfordernisse der Praxis gestatteten so, den Strichbrennfleck dreimal so hoch zu belasten, wie den Rundbrennfleck gleicher optischer Güte.

Erheblich größer war der Fortschritt, als es gelang, Röhren mit umlaufenden Anoden herzustellen. Der entscheidende Fortschritt der Drehanode beruht darauf, daß die Anode mit hoher Drehzahl umläuft, während die Kathode und damit der Elektronenstrahl im Raum festliegt (Abb. 2).

Der Entladungsraum zwischen der Kathode *K* und der Anode *A* ist ganz von Metall umgeben. Die Kathode

[1]) Vgl. ETZ 56 (1935) S. 1048.
[2]) Vgl. oben.
[3]) Philips techn. Rdsch. 3 (1938) S. 299.

ist exzentrisch in der Röhre angeordnet und so geformt, daß ein Strichfokus *F* längs einer Mantellinie der kegelförmigen Vorderfläche der Anode entsteht, auf welcher eine Wolframschicht *W* angebracht ist. Die Anode dreht sich um die Achse *C*. Sie wird nach dem Prinzip des Ankers eines Induktionsmotors durch einen Drehstrom in den Ständerwicklungen *S* angetrieben. Der eiserne Feldring *E* dient dazu, möglichst viele Kraftlinien in das Innere des Kupfers der Anode zu ziehen.

Abb. 3. Pantix-Röhre in Schutzhaube. Massive Wolframanode, Hochtemperatur-Strahlungskühlung.

Antrieb erfolgt nach dem Prinzip eines Induktionsmotors.

Bei der Belastung von nur 0,1 s Dauer bestreicht der Elektronenstahl in der Pantix-Röhre (Abb. 3) z. B. ein Wolframband von 1 m Länge. Der Brennfleck kann, weil der Elektronenstrahl immer wieder auf kaltes Wolfram trifft, kurzzeitig etwa 15mal so hoch belastet werden, wie ein Brennfleck gleicher Größe bei stehender Anode.

Abb. 4. Röntgenröhre für 1000 kV. 6 Spannungsstufen in 3 Gruppen, magnetische Elektronenlinse *M* zwischen 1. und 2. Gruppe. Widerstandssteuerung, Betrieb in Luft.

Einen neuen Weg zur Steigerung der Wattbelastung des Brennflecks beschritt P. Vierkötter mit der Sistra-Röhre, d. h. Siedestrahl-Röhre. Er rückt die Kühlfläche ganz nahe an die Aufprallfläche der Elektronen, indem er die Wolframscheibe direkt kühlt und in der Brennfleckzone bis auf $^1/_{10}$ mm Dicke schwächt. Dadurch erreicht er außerordentlich hohes Temperaturgefälle. Zur Kühlung verwendet er einen scharfen Strahl auf 100° erhitzten Wassers (hohe Verdampfungswärme), mitgerissene Luft verhindert Ausbildung einer isolierenden Dampfschicht.

In Therapie-Röhren kann der Brennfleck groß sein, man verlangt dafür hohe Dauerbelastbarkeit, d. h. das Kühlproblem wird wichtig, und hohe Betriebsspannung. Lange Jahre beherrschte die Röhre mit massiver Wolframanode und Hochtemperatur-Strahlungskühlung das Feld. Sie allein war spannungssicher bis 200 kV. Mit Rücksicht auf die zulässige Höchsttemperatur im Brennfleck war die Dauerleistung auf etwa 600 W beschränkt. Röhren mit Kupferanode und Wasserkühlung schlugen regelmäßig nach wenigen Betriebsstunden durch. Weil die Leitfähigkeit des kalten Glases zu niedrig blieb, konnten sich die durch Streuelektronen und Feldelektronen bewirkten Aufladungen nicht verteilen und führten zum Durchschlag. Lebenstüchtig waren erst Röhren nach dem Metalix- oder Multix-Prinzip. Auch Röhren mit Schutzanode, bei denen die Sekundärelektronen vermieden sind, bewährten sich gut, desgleichen Doppelwandröhren, bei denen man zur Erhöhung der Sicherheit die Anode noch mit Schutzkopf versehen hat.

Die Röhren mit durch Wasser intensiv gekühlten Anoden gestatteten höhere Belastung und damit eine Verbesserung der Dosisleistung gegenüber den Röhren mit Strahlungskühlung. Der Betrieb in hochspannungssicheren Hauben zwang, das Kühlwasser im Innern des Kabels zuzuführen oder Öl als Kühlmittel zu verwenden. Die Ölkühlung brachte anfangs gewisse Schwierigkeiten, bis man das Wesen des fest haftenden, isolierenden Ölfilms erkannt hatte.

Abb. 5. Röntgenröhre für 1000 kV. 6 Spannungsstufen, Steuerung der Elektronen ausschließlich durch elektrische Felder. Widerstandssteuerung, Betrieb in Öl.

Während in Europa die Röntgentherapeuten auf Steigerung der Dosisleistung durch Erhöhung der Strom-

stärke bei der Standardspannung von 200 kV drängten (Hochstromtherapie), strebte man in den V. S. Amerika mehr nach Erhöhung der Betriebsspannung, man erhoffte von der γ-ähnlichen Strahlung (Hochvolttherapie) bessere Erfolge. Es gelang dort mit Mammut-Hochspannungs-

Abb. 6. Maschinenbauröhre für 1000 kV. 6 Beschleunigungsstufen miteinander verkittet bzw. verschraubt. Röhre dauernd an einer Hochvakuumpumpe von etwa 120 l/s Saugleistung, Betrieb in Luft.

anlagen und mit an der Pumpe betriebenen Mammutröhren die 1 Mill-V-Grenze zu überschreiten.

Dem deutschen Arzt ist es unbequem, ein physikalisch-technisches Laboratorium mit medizinischem Anhängsel zu unterhalten. Er will sich konzentriert seiner medizinischen Aufgabe widmen. Daher versuchte man in Europa die Million-Grenze mit abgeschmolzener Röhre zu erreichen. Man wußte, daß bei den durch die medizinische Anwendung bedingten Beschränkungen, die oberste Spannungsgrenze der Einraumröhre bei etwa 600 kV liegt, daher wurde die Mehrstufenröhre entwickelt. Gelegentlich des internationalen Röntgenkongresses in Chicago wurde zum erstenmal eine abgeschmolzene 6stufige Röhre für 1 Mill V gezeigt (Abb. 4). Bei einer deutschen Firma beherrscht man diese Spannung ebenfalls mit abgeschmolzenen Röhren, und zwar in 3 oder 6 Stufen (Abb. 5).

Abb. 7. Hohlanoden-Röntgenröhre für Nahbestrahlungsverfahren nach Chaoul.

Eine andere Firma benutzt den auch in den V. S. Amerika beschrittenen Weg: Sie hat eine an der Pumpe liegende Röhre für 1 Mill V geschaffen (Abb. 6).

Ob der Hochstrom- oder der Hochvolttherapie, ob der abgeschmolzenen oder der an der Pumpe liegenden Röhre die Zukunft gehört, muß die Erfahrung lehren.

Bei der Behandlung bösartiger Geschwülste hat man vielfach durch Spickung der Geschwulst mit Radiumnadeln besonders gute Erfolge erreicht. Sie sind wohl darauf zurückzuführen, daß das Krebsgewebe nahe der Nadel sehr hohe Wirkdosen erhält, während das gesunde Gewebe weitgehend geschont wird, was für den Heilprozeß offenbar günstig ist.

Bei Hauttumoren ist es verhältnismäßig einfach, auch bei Röntgenbestrahlung einen ähnlich steilen Dosisabfall wie bei der Radiumspickung zu erzielen. Neuartige Röhren aber, die Hohlanodenröhren mit ihren herausragenden, geerdeten Anoden, schufen die Möglichkeit, mit der Strahlenquelle in die Körperhöhlen hineinzugehen und im Mund, im Kehlkopf, im weiblichen Becken und im Rektum bösartige Geschwülste in solch günstiger Weise mit Röntgenstrahlen zu behandeln (Abb. 7).

Parallel mit der Entwicklung der medizinischen Röhren lief die der Röhren für Werkstoffuntersuchung. Berücksichtigt sollen lediglich technische, von der Pumpe abgeschmolzene Röhren werden.

Man muß die beiden großen Gebiete der Grobstruktur- und der Feinstrukturprüfung auseinanderhalten. Bei der Grobstrukturuntersuchung handelt es sich um den Nachweis von äußerlich nicht wahrnehmbaren Fehlstellen, wie Risse, Lunker usw., also um eine Frage, die der medizinischen Diagnostik verwandt ist. Um auch stark absorbierende Werkstücke durchstrahlen zu können, braucht man durchdringungsfähige Strahlung. Man kommt also zu Röhren ähnlich den medizinischen Therapieröhren. Zwecks Verbesserung der Zeichenschärfe müssen sie allerdings mit kleineren Brennflecken versehen werden.

Weil man sehr häufig gezwungen war, im Freien zu arbeiten und an schwer zugänglichen Stellen Aufnahmen zu machen, verlangte man bald hochspannungssichere, leichte, dem rauhen Betrieb gewachsene Einheiten. Diese Forderungen waren mit in Ölbehältern betriebenen Röhren mit Schutzelektroden besonders gut zu erfüllen.

In vielen Fällen der Praxis war die Verwendung leichter Ölhauben noch schwierig oder gar unmöglich, z. B. wenn es sich darum handelte, geschweißte Bauteile mit engen Zwischenräumen zu untersuchen. Hier brachte die Hohlanodenröhre einen bedeutenden Fortschritt. Mit dem dünnen, bis zu 150 cm langen Anodenrohr (Abb. 8) gelang es, an Konstruktionsteile zu gelangen, die früher unzugänglich waren. Nach einem Vorschlag von R. Berthold wurde der Brennfleck auf die Innenseite eines dünnen kegelmantelförmigen Hütchens verlegt. Daher erfüllt das Strahlenbündel mehr als eine Halbkugel, es können Rundnähte an Röhren oder Kesseltrommeln auf einmal durchstrahlt werden.

Abb. 8. Hohlanoden-Grobstrukturröhre. 4 magnetrische Linsen zur Steuerung des Elektronenbündels.

Zur Feinstrukturuntersuchung braucht man monochromatische, langwellige Röntgenstrahlung. Man macht sich die Tatsache zunutze, daß jeder Stoff, wenn er von Elektronen getroffen wird, neben dem kontinuierlichen

Bremsspektrum noch ein Linienspektrum (Eigenstrahlung) besonders intensiv aussendet. Man wählt nun bei Feinstrukturröhren die Betriebsspannung so, daß sie das Fünffache der Anregungsspannung, d. i. die Minimalspannung, bei der das Linienspektrum gerade angeregt wird, nicht übersteigt. Dann tritt das kontinuierliche Spektrum weit hinter dem Linienspektrum zurück. Bei höherer Spannung wird das Intensitätsverhältnis immer ungünstiger. Durch passende Filter kann man die Eigenstrahlung völlig isolieren.

Abb. 9. Kleinstruktur-Röhre.

Bei der Röntgenröhre der Abb. 10 bildet die Anode *A* einen Teil des Chromeisengefäßes *D* mit dem angeschweißten Glasansatz *G*, welcher den Schirmzylinder *B* mit der Platte *C* und die Kathode *K* trägt. Die Röntgenstrahlen treten in der Richtung der Pfeile *R* durch die Fenster *L*. Bei *W* wird Kühlwasser zu- und abgeführt. Die Röhre befindet sich in einer Metallhülle *M*, die, ebenso wie die Anode und der Metallmantel des Hochspannungskabels *H* geerdet ist. Um das Anodengefäß ist ein Bleimantel *P* angebracht.

A Anode
B Schirmzylinder
C Platte
D Chromeisengefäß
G Glasansatz
H Hochspannungskabel
K Kathode
L Fenster
M Metallhülle
P Bleimantel
R Röntgenstrahlenaustritt
W Kühlwasserein- und -austritt

Abb. 10. Aufbau der Röntgenröhre für Strukturuntersuchungen[4]).

Am meisten verwendet man Kobalt, Kupfer und Eisen, seltener Chrom, Nickel und Molybdän als Anodenwerkstoff. Die langwellige Eigenstrahlung all dieser Werkstoffe wird von dem normal zum Bau von Röntgenröhren benutzten Glas fast vollständig absorbiert. Daher muß man für den Strahlenaustritt dünne, 0,1 bis 0,15 mm starke Fenster aus Lindemannglas, einem Lithium-Beryllium-Borat-Glas anbringen.

Die Form der Feinstrukturröhren wurde durch die Entwicklung der Röhren für medizinische Zwecke beeinflußt. Man fing an mit Röhren mit offenen Elektroden, legte jedoch die Anodenstirnfläche senkrecht zum Anodenschaft. So konnte man gleichzeitig mit mehreren Strahlenbündeln arbeiten, mußte natürlich auch mehrere Lindemannfenster anbringen. Über die Röhren nach dem Metalix- bzw. Multix-Prinzip führte die Entwicklung zu anodenseitig geerdeten Röhren von geringem Durchmesser (Abb. 9 u. 10). Die Kühlfrage ist bequem zu lösen, man schließt unmittelbar an die Wasserleitung an, die Belichtungszeiten werden stark verkürzt, weil man mit den geerdeten Kameras nahe an den Brennfleck herankommt.

Zusammenfassung.

Nach der Erfindung der Coolidge-Röhre haben die Forderungen nach Verbesserung des Strahlenschutzes und des Hochspannungsschutzes den Röhrenbau befruchtet. Es entstanden Röhren mit innerem Strahlenschutz, d. h. derart geformten Elektroden, daß nur Nutzstrahlung aus der Röhre austrat, ferner Röhren mit metallischem Entladungsraum nach dem Metalix- und dem Multix-Prinzip. Später baute man Röhre und Hochspannungserzeuger zu einer Einheit zusammen, es entstanden Einkesselapparate. Der Forderung nach Verbesserung der Bildleistung wurden Röhren mit Strichbrennfleck und Drehanode gerecht. Auf dem Gebiete der Therapie wurde durch Hochstrom- bzw. Hochvoltröhren einerseits, durch Hohlanoden-Röhren anderseits die Dosisleistung gesteigert. Bei Röhren für Zwecke der Materialprüfung folgte die Entwicklung in den Grundzügen derjenigen der medizinischen Röhren.

[4]) Philips techn. Rdsch. 3 (1938) S. 264.

Über Verzerrungen bei Einsatz der selbsttätigen, verzögerten Lautstärkeregelung.

Von F. C. Saic VDE, Berlin.

DK 621.396.812.3 : 621.396.97

Übersicht. Die Ursachen der bei Einsatz einer verzögerten Regelschaltung auftretenden Verzerrungen werden besprochen. Als Maßnahme zur Verhinderung dieser Verzerrungen wird kurz die Wirkungsweise von Dreidioden-Schaltungen erklärt.

Eine der wichtigsten Forderungen, die an Fernempfänger gestellt werden, ist die der selbsttätigen Verstärkungsregelung, die mit Rücksicht auf die Ausgangsleistung der Endröhre bei voller Aussteuerung den verschiedenen Empfangssignalstärken angepaßt werden muß. Bei Empfängern, die mit Regelschaltungen arbeiten, welche von irgendeinem Punkte der Geräteschaltung selbst abgeleitet werden, wie dies nahezu immer der Fall ist, kann man es nicht verhindern, daß mit größer werdendem Empfangssignal auch die Leistung der Endröhre, trotz der Regelung, ansteigt. Durch die Festlegung einer bestimmten maximalen Übersteuerung des Gittersignales an der Endröhre (wobei an die Handregelung nicht gedacht

ist) erhält man den Endwert der Regelkurve. Bei der Festlegung des Einsatzpunktes der Regelung, also für den Anfangswert der Regelkurve, ist zu beachten, daß die Regelung erst dann einsetzen darf, wenn auch schwache Eingangssignale (ungeregelt, also voll verstärkt) eine hinreichend hohe Aussteuerung der Endröhre bewirken können. Man muß deshalb den Regeleinsatz verzögern. Würde man das nicht tun, so werden schon kleine Signale „geregelt" und eine Vollaussteuerung der Endröhre wäre vielleicht nur bei dem Ortssenderempfang möglich. Ein solches Gerät macht einen unempfindlichen Eindruck.

Abb. 1. Der geregelte und ungeregelte Bereich einer verzögert geregelten Empfängerschaltung.

Die schematische Darstellung in Abb. 1 soll das soeben Gesagte deutlicher machen. Auf der Ordinate des Achsenkreuzes sind in linearer Teilung Vielfache der Steuerspannung an der Endröhre aufgetragen, auf der Abzisse dagegen in logarithmischer Teilung Vielfache der Eingangsspannung. Für alle Signale, die kleiner sind als a — der Bereich ist schraffiert — erfolgt keine Regelung, die Empfängerschaltung verstärkt voll. Bei der Eingangsspannung a erreicht die Steuergitterspannung den Wert A. Dieser möge genügen, um die Endröhre voll auszusteuern. Die Regelung setzt also bei Punkt C ein. Ist nun b das größte Empfangssignal, das zu erwarten ist, und darf beispielsweise die Übersteuerung am Gitter der Endröhre nur 50 % betragen, so erhält man als Endpunkt der Regelkurve den Punkt D. Das mit einer anderen Strichrichtung schraffierte Dreieck zeigt also den geregelten Bereich an.

Abb. 2. Allgemeiner Aufbau einer selbsttätigen Lautstärkeregelschaltung mit Hilfe einer Duodiode mit einfacher Kathode. Die Diodenanode d_2 (Signalgleichrichtung) hat keine Vorspannung, die Regelanode d_1 hat die Vorspannung — V_d.

Zeichnet man sich eine der üblichen Verzögerungsschaltungen auf, so erhält man Abb. 2. Die Diodenstrecke d_1 wird erst leitend, wenn der an C_1 auftretende Spitzenwert der Trägerwelle ungefähr gleich groß ist wie V_d. (V_d ist die Verzögerungsspannung; wegen des Anlaufstromes wird die Diodenstrecke d_1 schon früher leitend, darauf soll aber hier nicht Rücksicht genommen werden.)

Der ganze Vorgang ist bildlich in Abb. 3 wiedergegeben. Abb. 3 a zeigt den Zustand, der eintritt, wenn die Signalspannung noch so klein ist, daß die Trägerspitzenspannung kleiner als V_d ist. Der Arbeitszustand a) ist also der der nicht leitenden Diodenstrecke bzw. der ungeregelten Verstärkung (vgl. Abb. 1). Abb. 3 b zeigt den Arbeitszustand, wenn die Trägerspitzenspannung gerade die Vorspannung erreicht hat. Abb. 3 c endlich zeigt den Arbeitszustand, wenn die Trägerspitzenspannung wesentlich größer ist als die Vorspannung V_d.

Die Regelung setzt ein, wenn die Modulationsspitzen des Signales über V_d auftauchen. Es entsteht dann (Abb. 3 b) die ausgezogene verzerrte Regelspannungs-Kurvenform, die abgeflacht wird. Die Modulationskurve in Abb. 3 b weist eine starke Verzerrung auf. Die positive Halbwelle ist wesentlich kleiner als die negative. Der

Abb. 3a, b, c. Arbeitsbereiche a, b, c der Regelschaltung nach Abb. 2 bei Empfang von verschieden großen Signalen.

Grund hierfür ist der, daß die Diode in leitendem Zustand auf den Vorkreis, in Abb. 2 den Primärkreis des ZF-Bandfilters, stärker dämpfend einwirkt als in nicht leitendem Zustand. Das ist leicht einzusehen. Für die nicht leitende Diodenstrecke d_1 wirkt nur die Parallelschaltung R_3 zu R_1*) (Abb. 2) dämpfend. Im Augenblick, in dem die Diodenstrecke aber leitend wird, tritt die Diodenstrecke selbst als Paralleldämpfung zur Parallelschaltung von $R_3\,R_1$ hinzu. Der Wert der Diodendämpfung auf den Vorkreis bei einem in Reihe geschalteten Belastungswiderstand von 0,5 MΩ als Funktion des Signales an der Diode zeigt (Abb. 4). Die Zeichnung läßt erkennen, daß die Ab-

Abb. 4. Der durch die Diode erzeugte Äquivalentwiderstandswert, der parallel zum Vorkreis zu denken ist, als Funktion der an der Diodenstrecke auftretenden Signalspannung in einer Schaltung nach Abb. 2, wenn R_2 = 0,5 MΩ ist.

hängigkeit von der Signalgröße unter 10 V sehr beträchtlich ist. Über 10 V Signalspannung an der Diode nähert sich der hochfrequent dämpfende Aequivalentwiderstand einem konstanten Wert, der bekanntlich in der Schaltung nach Abb. 2 annähernd die Hälfte des Belastungswiderstandes beträgt.

Abb. 5. Die Niederfrequenzverzerrung als Funktion des Eingangssignales bei einer verzögert geregelten Empfängerschaltung.

Für den Bereich bis 10 V Signalspannung ist es nicht einfach, die Verzerrungen rechnerisch zu erfassen, was bei Betrachtung der Abb. 4 ohne weiteres erklärlich sein wird. Wenn man annimmt, daß keine Übergangswerte auftreten, sondern die Dämpfung des Primärkreises zwischen zwei festen Werten springt, so kann man durch eine Reihenentwicklung und unter Beschränkung auf Verzerrungen durch die 2. Harmonische, die sicher hauptsächlich

*) Unter R_1 ist der resultierende Widerstandswert aus allen wechselstrommäßig parallel zu R_1 liegenden Widerständen (Siebketten usw.) zu verstehen.

auftreten werden, die zu erwartende Verzerrung unter Annahme sinusförmiger Schwingungen berechnen zu:

$$d = \frac{4}{3\pi} \cdot \frac{c - b}{c + b}.$$

Die so erhaltenen Werte sind zu klein, was auf die Vereinfachung bei der Rechnung zurückgeführt werden muß.

Genauere Angaben ergibt die Messung. Abb. 5 zeigt ein Meßergebnis. Die Spitze bei etwa 200 µV Eingangsspannung zeigt den Augenblick an, in welchem bei einem langsam stärker werdenden 30 %ig modulierten Signal der Trägerspitzenwert am Primärkreis des Zwischenfrequenz-Bandfilters gerade den Vorspannungswert erreicht hat. Der Ast der Kurve links von der soeben genannten Spitze zeigt hohe Verzerrungen, welche aber von Störspannungen im Empfänger herrühren und hier uninteressant sind.

Abb. 6. Die Verzerrung bei Einsatz der Regelung steigt mit Verkleinerung des Widerstandes R_1, der für Wechselstrom parallel zu R_2 liegt (vgl. Abb. 2).

Stellt man sich nun die Vorspannung bildlich als eine Trennfläche zwischen den beiden schon oben genannten Gebieten geregelter und nicht geregelter Verstärkung

Abb. 7. Die Größe der Verzerrung ist nahezu unabhängig von der Modulationstiefe, der Verzerrungsbereich wächst aber mit steigender Modulationstiefe.

vor, in denen der Scheinwiderstand des Primärkreises verschieden gedämpft wird, so werden sich bei steigendem modulierten Signal folgende Verhältnisse ergeben:

a) Die Modulation des Signales liegt vollkommen oberoder unterhalb dieser Trennfläche (Abb. 3 a und c): Das ZF-Bandfilter arbeitet dann sowohl beim Auftreten positiver als auch negativer Halbwellen mit dem gleichen Scheinwiderstand, der allerdings im Falle der Abb. 3 c kleiner ist als bei den Verhältnissen der Abb. 3 a.

b) Die Verzerrung wird am größten sein, wenn die Modulationskurve aus der soeben genannten Grenzfläche so weit aufgetaucht ist, daß die gesamte positive Halbwelle im geregelten, die negative im ungeregelten Arbeitsbereich liegt, was dann der Fall ist, wenn der Spitzenwert der Trägerwelle den der Vorspannung erreicht hat.

Aus dieser Überlegung ergeben sich die Abhängigkeiten der Verzerrung: Die Verzerrung wird umso größer werden, je größer der Unterschied der Dämpfung in den beiden Arbeitsgebieten ist. Die Verzerrung wird also kleiner, wenn der Belastungswiderstand der Diode R_2 (Abb. 2) größer wird. Ebenso wird die Verzerrung größer werden, wenn der dämpfende Widerstand zum Primärkreis des Zwischenfrequenzbandfilters kleiner wird.

Ein Einfluß der Modulation auf die Verzerrung wird hinsichtlich der Größe der Verzerrung nicht ohne weiteres erkennbar sein, jedoch wird der Bereich der Verzerrung mit wachsender Modulationstiefe sich vergrößern. Abb. 6 und 7 zeigen Meßaufnahmen, die von K. R. Sturley[1]) gemacht wurden.

Die sich aus diesen Überlegungen ergebenden Forderungen für die Dimensionierung von verzögerten Regelschaltungen sind praktisch in nur sehr beschränktem Umfange durchführbar.

Die eben durchgeführte Analyse zeigt aber den Weg, der zur Unterdrückung dieser Verzerrungen eingeschlagen werden kann: Das Entstehen von 2 Arbeitsgebieten, wie sie oben ausführlich besprochen werden, muß verhindert werden. Das gelingt so, daß man drei Diodenstrecken verwendet. Die erste Diodenstrecke liegt parallel zum Primärkreis des Zwischenfrequenz-Bandfilters d_1. Sie ist positiv vorgespannt. Das heißt, daß sie stets leitend erhalten wird. Damit verschwindet die Trennfläche zwischen den beiden Arbeitsbereichen. Die an d_1 gleichgerichtete Signalspannung lädt (Abb. 8) den Kondensator C auf einen negativen

Abb. 8. Schema einer Dreidiodenschaltung.

Spitzenwert auf. Schließt man nun eine zweite Diodenstrecke d_2, die eine entsprechend hohe positive Vorspannung hat, parallel zu C an, so wird bei steigender Signalspannung an d_1 die negative Aufladung an C auf die positive Vorspannung an d_2 als Kompensationsspannung wirken. In dem Augenblick, in dem die positive Vorspannung an d_2 ungefähr Null wird (wegen des Anlaufstromes etwas nachher), wird die Diodenstrecke d_2 stromlos, sie stellt dann einen hohen Widerstand dar, und die Regelung setzt, um die Vorspannung an d_2 verzögert, von d_1 aus ein, wobei $R_1 C$ für die richtige Zeitkonstante sorgt.

Es ergeben sich bei der Analyse solcher Schaltungen mit Hilfe der I_d—U_d-Kennlinien (I_d ist der negative Diodenstrom, $-U_d$ ist die negative, am Belastungswiderstand entstehende Spannung) und der Anlaufstrom-Kennlinie für das Signal Null jene Zusammenhänge, die zur Berechnung des tatsächlichen Wertes des Spannungsteilers dienen können. Diese Werte sind offenbar bestimmt durch die Parallelschaltung des Gleichstrom-Diodenwiderstandes der Diode zu dem betreffenden Spannungsteilerabschnitt. Sie zeigen, daß das ganze System für jeden Regelzustand sowohl gleichstrom- wie wechselstrommäßig sich vollkommen neu einstellt. Diese Ausführungen würden aber den Rahmen dieser allgemeineren Behandlung überschreiten. Der einzige Nachteil der in Abb. 8 gezeigten Schaltung ist die Notwendigkeit, eine besondere Röhre für die Signalgleichrichtung einschließlich der Regelschaltung verwenden zu müssen.

[1]) K. R. Sturley, Wireless Wld. 41 (1937) S. 633.

Zusammenfassung.

Durch die Verwendung einer Duodiode mit getrennten Kathoden ist es möglich, die Kathode der Signalgleichrichterstrecke zu erden. Damit sind eine Reihe von Verzerrungsmöglichkeiten ausgeschaltet, die insbesondere bei Gegenkopplungsschaltungen sich bemerkbar machen. Durch die Dreidiodenschaltung konnten diese Vorteile festgehalten und dahingehend erweitert werden, daß die Verzerrungen bei Einsatz der verzögerten Regelung unterdrückt wurden und eine Abhängigkeit der Regelung von der Modulationstiefe des Signales nahezu nicht mehr besteht.

Ein Gerät für Drehmomentmessung an umlaufenden Maschinen.

Von A. Lütjen VDE, Hamburg.

DK 531.785 : 621.313

Übersicht. Die für die Drehmomentmessung gebräuchlichsten Verfahren werden kurz mit ihren Eigenheiten geschildert und anschließend ein einfaches Gerät beschrieben, welches ein genaues Messen bei einfacher und ungefährlicher Handhabung gestattet.

Für die Beurteilung umlaufender Antriebsmaschinen stellt das von diesen entwickelte Drehmoment für verschiedene Betriebszustände eine wichtige Größe dar. Die Messung des Drehmomentes spielt deshalb im Prüffeld eine große Rolle. Dabei ist es nicht nur von Bedeutung, das Anzugsmoment stillstehender Maschinen zu kennen, sondern wichtiger ist oft die Messung an laufenden Maschinen. Bei Drehstromkurzschluß-Motoren z. B. interessiert vielfach der Verlauf des Drehmomentes während seines Anlaufes oder zum mindesten sein Anzugsmoment aus dem Stillstand, sein niedrigstes Moment während des Anlaufes (Sattelmoment) und sein Kippmoment. In erster Linie dienen zur Bestimmung der Pronysche Zaum und die Pendeldynamo. Dabei ist die Anwendung der Pendeldynamo schon etwas umständlich, da diese mit der zu messenden Maschine gekuppelt werden muß, während der Pronysche Zaum um eine aufgesetzte passende Scheibe gelegt wird. Auch hierbei müssen Gegengewicht und Bremskraft gut miteinander ins Gleichgewicht gebracht werden, wenn die Messung ein genaues Ergebnis ergeben soll. Die dabei in Wärme umgewandelte mechanische Arbeit erhöht meist die Temperatur der Bremsscheibe schon so stark, daß besondere Kühlmittel angewandt werden müssen. Besonders die Messung eines mit der Drehzahl abfallenden Drehmomentes gestaltet sich schwierig, weil es nur schwer bei schnell verlaufenden Vorgängen gelingt, dauernd das Gleichgewicht zwischen Bremskraft (Reibungskraft) und Gegenmoment herzustellen. Ein weiteres sehr einfaches Verfahren besteht darin, auf die Riemenscheibe des Motors ein Riemenstück zu legen, das an beiden Enden mit Gewichten belastet wird. Bei der Drehung des Motors versucht dieser dann infolge der Reibung den Riemen mitzunehmen. Diese Kraft ist dann durch ein zusätzliches Gewicht an einem Ende auszugleichen. Ist so Gleichgewicht hergestellt und schwebt der Riemen mit den angehängten Gewichten auf der sich drehenden Scheibe, so ergibt die Differenz der an beiden Enden hängenden Gewichte die gesuchte Umfangskraft, die mit dem Halbmesser der Riemenscheibe zuzüglich der halben Riemendicke multipliziert das Drehmoment ergibt. Notwendig für diese Messung ist aber Geschicklichkeit und Vorsicht, denn die meist in Betracht kommenden Gewichte sind schon bei kleinen Leistungen ziemlich erheblich. Ebenso muß ein langsames Auf- und Abgleiten des Riemens verhindert werden, da sonst das Ergebnis infolge der Massenkräfte falsch wird. Eine Gefahr bedeutet auch das Abfallen der Gewichte beim Auslaufen des Motors. Die Herstellung eines wirklichen Gleichgewichtes ohne schwer abschätzbare Restkräfte, die von Hand auf den Riemen ausgeübt werden, ist recht schwierig, so daß bei der praktischen Ausführung meist ein mehr oder weniger fehlerhaftes Ergebnis herauskommt. Diese Nachteile werden durch ein neu entwickeltes Gerät beseitigt.

An einem kräftigen Hebel (Abb. 1) ist leicht drehbar eine Riemenscheibe befestigt, an der nach unten ein Pendel hängt. An dieser Riemenscheibe sind nun unten die beiden Riemenenden befestigt. Legt man nun die Riemenschleife auf die Riemenscheibe des zu messenden Motors und übt auf den einseitig gestützten Hebel einen Druck nach unten aus, so legt sich der Riemen mehr oder minder fest um die

Z Umfangskraft des Antriebes
α Neigungswinkel des Pendels beim Messen

Abb. 1. Gerät für Drehmomentmessung.

sich drehende Scheibe und bremst sie ab. Die Reibungskraft sucht, je nach der Drehrichtung, das eine Riemenende mitzuziehen. Dabei wird die im Hebel befestigte Riemenscheibe samt dem Pendel gedreht, und zwar so weit, bis das durch die Schräglage entstehende Pendelmoment der Zugkraft das Gleichgewicht hält. Der Riemen zieht dabei immer am gleichen Hebelarm, weil er auf der unteren Scheibe abrollt. Der Ausgleich zwischen den Zugkräften in den beiden Riemenenden findet selbsttätig statt und wirksam bleibt nur die gesuchte Umfangskraft als Differenzkraft der in den beiden Riemenenden wirksamen Zugkräfte. Diese wiederum ergibt sich aus der Ablenkung des Pendels aus der Nullage. Sie ändert sich mit der Sinusfunktion des Ablenkwinkels. An Hand von Kräftediagrammen soll dies näher erklärt werden.

Das Kräftediagramm für das Gerät wird am besten in 2 Teile zerlegt. Das erste Diagramm (Abb. 2) gibt die Kräfte wieder, die im Riemen auftreten und durch die Stützpunktkraft und durch den von Hand ausgeübten Druck aufgehoben werden. In Abb. 2 sind die beiden Zugkräfte im Riemen mit Z_1 und Z_2 bezeichnet. Sie ergeben die Resultierende Z_3, die im Drehpunkt des Pendels angreift. Diese wiederum kann zerlegt werden in die Komponenten Z_4, die senkrecht zum Hebel wirkt, und Z_5, welche in der Hebelrichtung wirksam ist. Z_4 wird das Gleichgewicht gehalten durch die senkrechte Stützpunktkraft P_2 und P_1, die sich zusammensetzt aus dem von Hand ausgeübten

Druck und das auf den Angriffspunkt der Hand reduzierte Hebelgewicht einschließlich Pendelgewicht. Die Schubkraft Z_5 wird durch eine gleich große Gegenkraft im Stützpunkt aufgehoben, so daß die resultierende Stütz-

Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 und Z_5 Kräfte im Riemen und deren Komponenten
P_1, P_2 und P_3 Gegenkräfte (Druckkräfte) für Z am Hebel
a und b Hebelarme des Gerätes

Abb. 2. Kräftediagramm der Betätigung.

punktkraft durch P_3 dargestellt wird. Die Größe von P_1 ergibt sich aus der Gleichung

$$P_1 = Z_4 \cdot \frac{a}{a+b}.$$

Sie wird um so kleiner, je größer b im Vergleich zu a ist.

Z_1 und Z_2 Riemenkräfte
P_1 Betätigungsdruck auf das Gerät
α Neigungswinkel des Pendels beim Messen
R Schwerpunktradius des Pendels
r wirksamer Scheibenhalbmesser
G, G_1 und G_2 Pendelgewicht und seine Komponenten

Abb. 3. Kräftediagramm der Messung.

Das zweite Diagramm (Abb. 3) zeigt die Zerlegung der zu messenden Kräfte. Die für das Drehmoment wirksame Kraft ist gleich der Differenz der beiden Riemenzugkräfte $Z_1 - Z_2$. Die Umlenkung der Kraft Z_2 um die Scheibe des Gerätes läßt ohne weiteres erkennen, daß die Differenz die Scheibe des Pendels im Sinne des Uhrzeigers drehen will. Hier tritt nun die Drehkraft des aus der Nullage bewegten Pendels hindernd auf. Das Pendelgewicht G erzeugt eine Drehkraft $G_1 = G \sin \alpha$, welche am Hebelarm R wirksam ist und ein Drehmoment $G_1 R$ ergibt. Die Riemenkraft $Z_1 - Z_2$ greift am Hebelarm r an mit einem Drehmoment $(Z_1 - Z_2) \cdot r$. Für die Messung müssen beide ins Gleichgewicht kommen, dann ergibt sich:

$$Z_1 - Z_2 = G \sin \alpha \frac{R}{r}.$$

GR/r ist bei gegebenem Gerät eine Konstante, so daß die zu messende Zugkraft dem Sinus des Ausschlagwinkels proportional ist.

Die Arbeitsweise des Gerätes wird auch sehr leicht verständlich, wenn man an einen normalen Riemenantrieb denkt. Die übertragene Kraft ist dabei auch gleich der Differenz der beiden Riemenzüge. Auch dort ist das Drehmoment an beiden Scheiben gleich der Umfangskraft mal Scheibenhalbmesser.

Die Handhabung des Gerätes bei der Messung besteht also darin, daß der Druck auf den Hebelarm des Gerätes von Hand gefühlsmäßig so geregelt wird, daß das Pendel sich in die Schräglinie ruhig einstellt, ohne Pendelungen um dieselbe. Zur Ablesung des Neigungswinkels trägt die Scheibe mit dem Pendel noch eine Winkelskala, die sich mitdreht, während ein zweites kleines Pendel bei der Messung in der Nullage bleibt und auf der Skala die Neigung des Meßpendels erkennen läßt.

Um die auf den Hebelarm des Gerätes auszuübende Kraft gering zu halten, muß bei der Versuchsanordnung nur dafür gesorgt werden, daß der Hebelarm zwischen dem festen Drehpunkt des Gerätes und der Pendelscheibenachse klein bleibt im Vergleich zu dem Hebelarm, an dem die Hand angreift. Dadurch wird es möglich, große Umfangskräfte mit kleinen Drücken auf das Gerät leicht zu messen.

Ein weiterer Vorteil, der die Handhabung sehr erleichtert, ergibt sich dadurch, daß die gemessene Umfangskraft ein Vielfaches des Pendelgewichtes darstellt. Der Halbmesser der Riemenscheibe kann sehr klein gemacht werden, während das Pendelgewicht an einem vielfach längeren Hebelarm befestigt ist. Beträgt z. B. der Scheibenhalbmesser 5 cm und die Pendellänge 50 cm, so können Zugkräfte bis zum zehnfachen Pendelgewicht gemessen werden. So wird auch das Gewicht des Gerätes selbst klein gehalten im Vergleich zu der Meßleistung.

Die Eichung des Gerätes kann empirisch oder durch Rechnung erfolgen unter Ermittlung der Gewichte und wirksamen Hebelarme. Es ergibt sich dann eine Konstante, die zur Ermittlung des Ergebnisses nur mit dem Sinus des Neigungswinkels zu multiplizieren ist. Die Hinzufügung oder Wegnahme von Pendelgewichten ergibt in einfacher Weise eine Veränderung der Konstanten, um mit einem Gerät einen möglichst großen Meßbereich bestreichen zu können.

Da eine Messung in kürzester Zeit erfolgen kann, ist die auftretende Erwärmung der Motorriemenscheibe gering, so daß es keiner besonderen Kühlung bedarf. Als Bremsriemen wird zweckmäßigerweise ein Geweberiemen benutzt. Es zeigt sich bei Erprobung des Gerätes, daß die entstehende Wärme fast vollständig in die Riemenscheibe übergeht, während der Riemen nur wenig erhitzt wird. Zweckmäßig ist es, wenn bei stärker erhitzter Scheibe der Riemen unmittelbar nach der Messung von der heißen Scheibe abgenommen wird, um so einen nachträglichen Übergang der Wärme zu vermeiden.

Das Gerät kann bei stehendem Motor zur Ermittlung des Anzugsmomentes in gleicher Weise verwandt werden, wobei noch durch ganz langsames Drehen des Motors die Nutenvorzugsstellungen ausgeschaltet werden können. Auch das Sattelmoment eines Kurzschlußankermotors läßt sich einwandfrei messen, indem aus dem Stillstand heraus der Druck allmählich gelockert wird und der Motor langsam schneller läuft, bis er plötzlich nach Erreichung des kleinsten Drehmomentes seine Drehzahl unter der nunmehr eintretenden Steigerung desselben rasch bis zur vollen Drehzahl ansteigen läßt. Der dabei abgelesene kleinste Neigungswinkel des Pendels läßt das gesuchte Sattelmoment errechnen. Das Kippmoment wird, von der vollen Drehzahl ausgehend, unter Steigerung des Druckes so ermittelt, daß der dabei auftretende größte Neigungswinkel abgelesen wird, wobei der Motor in seiner Drehzahl bis auf Null abfällt. Die Messungen müssen in allen Fällen so ausgeführt werden, daß das Pendel ruhig liegt, ohne zu schwanken. Das ist leicht zu erreichen, wenn die von Hand bewirkte Druckänderung stetig und nicht zu rasch erfolgt. Außerdem muß auch die Drehzahländerung nicht zu rasch erfolgen, da so sonst Massenkräfte das Ergebnis beeinträchtigen. Die Erfüllung dieser Forde-

rungen, die bei jeder Drehmomentmessung in Betracht kommen, ist aber mit wenig Geschick und Übung auch für sonst Ungeübte möglich. Dabei ist die Handhabung gänzlich ungefährlich, da bei zu hohen Zugkräften das Gewicht gegen den Hebel schlägt und so selbsttätig eine Minderung des ausgeübten Druckes und ein Nachlassen der Zugkraft erreicht wird. Ebenso genügt ein Nachlassen des Druckes und ein Anheben des Hebels, um den Motor vollständig reibungsfrei laufen zu lassen. Alle Nachteile der eingangs gekennzeichneten Verfahren sind vermieden, und bei aller Einfachheit ergibt das Gerät bei sachgemäßer Anwendung ein genaues Ergebnis in kürzester Meßzeit.

Die Herstellung der Einrichtung erfordert die einfachsten Mittel, und jeder Prüftisch oder Prüfstand bietet die Möglichkeit, den benötigten festen Stützpunkt für das eine Hebelende anzubringen. Im übrigen aber ist es für die Messung einerlei, ob der Riemenzug senkrecht nach unten geht oder schräg. Ein Abrutschen des Riemens tritt auch nicht ein, da der Riemen von dem Hebel auf der Scheibe geführt wird.

Zusammenfassung.

Die neu entwickelte Einrichtung liefert bei einfacher Handhabung genaue Drehmomentmessungen. Außer Elektromotoren, für deren Messung das Gerät wohl in erster Linie in Betracht kommt, können auch alle anderen Antriebsmaschinen damit gemessen werden zur Ermittlung des Anzugs- und Kippmomentes oder sonstiger Größen.

Über die Bedeutung der geoelektrischen Baugrunderschließung im Wasserbau.

DK 550.837 : 626.01

Bei den Gründungsarbeiten werden häufig geophysikalische Verfahren zur Untersuchung des Baugrundes herangezogen. Von diesen sind besonders die geoelektrischen aus wirtschaftlichen und technischen Gründen geeignet. Durch geoelektrische Verfahren kann man allgemein zwei geologische Leiter unterscheiden, deren elektrische Eigenschaften verschieden sind. Da diese wiederum in erster Linie von dem Lösungsgehalt je Volumeneinheit abhängig sind, so spielen jene Untersuchungen eine große Rolle, die die Leitfähigkeit als Funktion der Durchfeuchtung darstellen. In der Regel wird der spezifische Widerstand ϱ in Ω m eines geologischen Leiters durch die Gleichung

$$\varrho = \frac{3}{\eta}\,\varrho_{Fl}$$

als Funktion des flüssigkeitserfüllten Porenvolumens η dargestellt. Bei einem Porenanteil von 1 % entsprechend $\eta = 0{,}01$ und vollständiger Tränkung wäre hiernach der Gesteinswiderstand rd. 300mal so groß als derjenige der tränkenden Flüssigkeit.

(Anm. d. Ber.: Diese Gleichung liefert keineswegs unter allen Voraussetzungen richtige Ergebnisse. Das Spaltenwasser dringt nämlich mitunter nur sehr oberflächlich in das Gestein ein. Aus diesem Grunde ist das lösungserfüllte Porenvolumen zunächst einmal für irgendein Gestein keineswegs immer gleich, sondern vielmehr von dem Verhältnis der Oberfläche zum Volumen abhängig. Ist z. B. ein Raum von zahlreichen kleineren Gesteinsstücken erfüllt, die lose geschüttet sind, so wird das lösungserfüllte Porenvolumen vom Gesamtvolumen viel größer sein, als wenn es sich um festes Gestein von gleicher räumlicher Größe handelt. Überdies ist aber die Tiefe, bis zu der die Feuchtigkeit in das Gestein eindringt, auch von dem Druck abhängig, unter dem die Flüssigkeit steht. Am Boden eines Flusses wird daher der Widerstand eines Gesteins in der Regel kleiner sein als dort, wo das Wasser ohne starken Druck in die Poren eindringt. Dort, wo das Gestein abwechselnd einer Durchfeuchtung und Austrocknung ausgesetzt ist, wird überdies ein in der Regel sehr komplizierter, zeitlicher Widerstandsverlauf zu beobachten sein.)

I zugeführter Strom in A
U gemessener Potentialunterschied in V
3, 4 Stromzuführungselektroden
1, 2 Meßelektroden
a, b, a', b' Entfernungen in m

Abb. 1. Vierpunktverfahren.

Die geoelektrischen Messungen, soweit sie mit Gleichstrom oder niederfrequentem Wechselstrom arbeiten, werden in der Regel nach dem Vierpunktverfahren (Abb. 1) durchgeführt. Dem zu untersuchenden Raum wird durch die Elektroden *3* und *4* ein Strom *I* zugeführt, und es wird dann der Potentialunterschied *U* zwischen den Elektroden *1* und *2* gemessen. Liegen nun die Elektroden *1, 2, 3* und *4* auf einer Geraden und sind sie überdies voneinander gleich weit entfernt, so daß $a' = 2\,a$, $b = 2\,a$ und $b' = a$ ist, dann erhalten wir

$$U = \frac{I\,\varrho}{2\,\pi}\,\frac{1}{a}; \qquad \varrho = \frac{U}{I}\,2\,\pi\,a\,.$$

Praktisch rechnen wir nun mit dem sogenannten bezogenen scheinbaren Widerstand ϱ/ϱ'. Hierbei ist ϱ' der Bezugswiderstand. Mitunter wird auch nach dem sogenannten Einpolverfahren gearbeitet. Die Elektroden *3* und *4* sind hierbei ziemlich weit voneinander entfernt. Der Abstand zwischen den Elektroden *1* und *2*, sowie der Abstand zwischen den Elektroden *3* und *1* ist gegenüber der Entfernung der Elektroden *3* und *4* sehr klein. Bezeichnen wir nun den Abstand der Elektrode *1* von der Elektrode *3* mit d_1 und den Abstand der Elektrode *2* von der Elektrode *3* mit d_2 (in m), so erhalten wir:

$$\varrho = \frac{U}{I}\,2\,\pi\,\frac{d_1\,d_2}{d_2 - d_1}\,.$$

Vergrößern wir den Abstand der Elektroden *1* und *2* und im gleichen Verhältnis den Abstand der Elektroden *3* und *4*, so wird die Tiefe des Aufschlußraumes zunehmen. Wir können nun eine Kurve zeichnen, die den bezogenen scheinbaren Widerstand als Funktion des Elektrodenabstandes und damit der Tiefe des Aufschlußraumes darstellt. Solange der Aufschlußraum homogen ist, wird diese funktionelle Abhängigkeit durch eine Gerade dargestellt, die parallel zu jener Achse verläuft, auf der die Tiefe des Aufschlußraumes aufgetragen ist. Tritt jedoch in den Aufschlußraum eine elektrische Diskontinuität ein, so wird die Kurve an der betreffenden Stelle ebenfalls eine Diskontinuität aufweisen. Man kann dann aus der Kurve auf das Vorhandensein und die ungefähre Teufe der in Betracht kommenden elektrischen Diskontinuitäten schließen.

Für die praktische Durchführung unterscheiden wir Plan-, Tiefen- und Drehtasten. Beim Plantasten wird ein Raum von konstanter Aufschlußtiefe untersucht, beim Tiefentasten bleibt die Meßeinrichtung an der gleichen Stelle, während der Messung wird aber die Aufschlußtiefe geändert, und bei der Drehtastung bleiben alle Elektrodenpunkte auf einem Kreis.

Die geoelektrischen Meßverfahren haben eine Reihe wichtiger Aufgaben zu erfüllen. Zunächst einmal haben sie die Überdeckung des gewachsenen Gesteins durch diluviale und alluviale Schottermassen festzustellen. Mitunter ist es auch möglich die Gesteinsgüte etwa bei Steinbrüchen vorher zu bestimmen. Man geht von der Überzeugung aus, daß ein Gestein um so besser sei, je weniger Feuchtigkeit es enthalte. Ausgedehnte Anwendung finden die Verfahren auch zur Feststellung von Grundwasserhorizonten. Schließlich kann man insbesondere durch Anwendung der Drehtastung das Streichen und Fallen der Schichten, weiterhin auch tektonische Störungen und Gesteinswechsel feststellen.

In der Regel besteht bei allen diesen Aufgaben die Notwendigkeit, ein Schichtproblem, und zwar ein Zwei- oder Dreischichtenproblem, zu lösen. Bei Drei- oder Mehrschichtenproblemen liegen die Verhältnisse oft sehr verwickelt. Man kann solche Aufgaben in der Regel nur so behandeln, daß man sie auf ein Zweischichtenproblem zurückführt. Praktisch ist dies natürlich nur dann möglich, wenn man alle Nebenbedingungen voll berücksichtigt. *V. F.*

[1]) F. Tölke, Dtsch. Wasserw. 32 (1938) S. 177 u. 245; 10½ S., 38 Abb.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.319.4 : 621.316.13.003.1

Der Einfluß der Kondensatoren auf Erweiterungsmöglichkeit und Strompreisgestaltung von Abspanneranlagen. [Nach H. Zwilling, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 17; $1^1/_2$ S., 4 Abb.]

Um einen klaren Einblick in die Wirtschaftlichkeit von Kondensatoren zu gewinnen, bedient man sich zweckmäßigerweise des allgemeinen Strom- oder Leistungsdiagramms der Phasenverbesserung (Abb. 1). Der geometrische Ort für die

Abb. 1. Strom-Leistungs-Diagramm der Phasenverbesserung.

Endpunkte der Blindleistungs-Vektoren ist eine Kreisschar mit dem Halbmesser OA, deren Mittelpunkte auf der Abszisse durch den Kreismittelpunkt liegen und deren Abszissenabstand gleich dem Verhältnis Blindleistung/Nennleistung (OA) ist. Verwendung eines Kondensators von z. B. 50% (Kreis 50) der Ab-

Abb. 2. Zusätzliche Belastbarkeit der auf Strom zu bemessenden Anlageteile durch Kondensatoren verschiedener Größe in Abhängigkeit vom $\cos \varphi$ vor Phasenverbesserung.

spannerleistung OA ergibt den Belastungszustand OC, d. h. eine zusätzliche Belastbarkeit (bei $\cos \varphi = 0,8$) des Abspanners mit CB = 21,5% seiner Nennleistung und dabei einen $\cos \varphi = 0,97$. Verringert sich die Belastung bei eingeschaltetem Kondensator auf 65% der Abspannerleistung (OA), 65 kW, so erhöht sich der $\cos \varphi$ auf 1.

Die zusätzliche Belastbarkeit der Abspanner (sinngemäß auch aller anderen auf Strom zu bemessenden Anlageteile) durch Kondensatoren verschiedener Größe in Abhängigkeit vom $\cos \varphi$ vor der Phasenverbesserung zeigt Abb. 2; aus ihr läßt sich in Verbindung mit den Anlagekosten für Abspanner und Kondensatoren die überlegene Wirtschaftlichkeit von Kondensatoren[1]) leicht ermitteln. *H. Schz.*

Elektrische Maschinen.

DK 621.313.3.045.003

Wahl des Wicklungsschrittes bei Wechselstrommaschinen mit Rücksicht auf den Werkstoffaufwand. [Nach D. Harms, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 93; 2 S., 4 Abb.]

Die Wicklungen neuzeitlicher Wechselstrommaschinen werden heute fast ausschließlich als zweischichtige Wicklungen mit Schrittverkürzung ausgeführt, d. h. der von einer Spule bestrichene Teil des Ankerumfanges ist kleiner als eine Polteilung.

Die Größe dieser Schrittverkürzung wählt man meistens so, daß die durch die Ankerrückwirkung in der Läuferoberfläche entstehenden Verluste ein Minimum werden. Nun kann man aber auch, wie in der Arbeit gezeigt wird, den Schritt so bemessen, daß der Werkstoffaufwand ein Minimum wird. Infolge der Schrittverkürzung wird nämlich zwar die mittlere Windungslänge kleiner als bei vollem Schritt, jedoch muß anderseits wegen des kleiner werdenden Schrittfaktors die Windungszahl wieder erhöht werden, um auf die gewünschte Spannung zu kommen. Die Rechnung zeigt nun, daß bei mäßigen Schrittverkürzungen die mittlere Windungslänge schneller zurückgeht, als die Verringerung der Spannung ausmacht, so daß bei konstant angenommenem Spulenwinkel der kleinste Werkstoffaufwand nicht etwa bei vollem Schritt, sondern bei einer bestimmten Verkürzung auftritt. In der Arbeit ist eine Kurve wiedergegeben, die den Schritt für den kleinsten Werkstoffaufwand erkennen läßt. Aus einer weiteren Kurve läßt sich derjenige Wert des Schrittes ablesen, bis zu dem man gehen kann, ohne einen größeren Werkstoffaufwand als bei vollem Schritt zu bekommen. Die letzte Kurve ist hauptsächlich deswegen von Interesse, weil man bei der praktischen Ausführung der Wicklung mitunter gezwungen ist, den Schritt erheblich zu verkürzen, und man sich mit Hilfe der letzten Kurve Rechenschaft über den Werkstoffaufwand ablegen kann. *eb.*

DK 621.313.33.025.1 : 621.3.013.5

Die doppeltverkettete Streuung von Einphasenmotoren mit Hilfsphase. [Nach H. Schack-Nielsen, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 64; 2 S., 7 Abb.]

Die Streuung wird für folgende Fälle berechnet:

1. Wicklung nach Hudetz[2]) mit 18 Nuten für den zweipoligen Motor.

   $q = 5$, $Q = 9$, Nutschritt $Y_n = 7$ für die Hauptphase
   $q = 6$, $Q = 9$, Nutschritt $Y_n = 9$ für die Hilfsphase

2. eine Wicklung mit gleicher Nutenzahl, aber für

   $q = 5$, $Q = 9$, $Y_n = 8$ Hauptphase
   $q = 4$, $Q = 9$, $Y_n = 8$ Hilfsphase

3. $q = 6$, $Q = 9$, $Y_n = 9$ Hauptphase
   $q = 3$, $Q = 9$, $Y_n = 9$ Hilfsphase.

Q ist die Nutenzahl je Pol, q die Anzahl der bewickelten Nuten je Pol und Phase.

Um die Berechnung des Streufaktors

$$\sigma = \frac{\sum \left(\frac{\xi_\nu}{\nu}\right)^2}{\xi_1^2} - 1$$

---

1) Vgl. a. Bauer, Der Kondensator in der Starkstromtechnik, Berlin 1934, Verlag J. Springer; ETZ 51 (1930) S. 1227 u. 1248; 54 (1933) S. 672; 57 (1936) S. 207; 58 (1937) S. 709, 1121 u. 1169; 59 (1938) S. 457 u. 599; VDE-Fachber. 3 (1931) S. 158; 7 (1935) S. 21; 9 (1937) S. 14; Elektrotechn. u. Masch.-Bau 50 (1932) S. 166; 54 (1936) S. 445; Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 20 (1929) S. 652; 22 (1931) S. 509; 25 (1934) S. 10; 27 (1936) S. 653; 29 (1938) S. 73; Rev. gén. Électr. 45 (1939) S. 131; Gen. Electr. Rev. 39 (1936) S. 466; Electr. Wld., N. Y. 104 (1934) S. 375; 106 (1936) S. 3899; 107 (1937) S. 38, 92 u. 875; Electr. J. 34 (1937) S. 103 u. 195; 35 (1938) S. 69; Electr. Engng. 57 (1938) S. 505; Elettrotecnica 8 (1921) S. 306 u. 373.

2) Hudetz, Dissert. T. H. Danzig 1933.

nach dem Verfahren von Krondl[1]) durchführen zu können, sucht man eine symmetrische Zweiphasenwicklung, welche genau dieselbe Gleichung für die Wicklungsfaktoren hat wie die Wicklung, für welche der Streufaktor zu berechnen ist. Mit Hilfe des Görgespolygones für diese Ersatzwicklung wird dann die Berechnung des Streufaktors durchgeführt. *Vb.*

Geräte und Stromrichter.

DK 621.314.65 : 621.318.7

Entwurf von Glättungseinrichtungen für Stromrichterkreise. [Nach J. Satoh, Mitt. Nr. 414 d. elektrotechn. Labor. d. jap. Min. öff. Angeleg., Tokio (Dezember 1937); 40 S., 8 Abb., 8 Tafeln und Nomogramme.]

Es werden Glättungseinrichtungen zur Niederfrequenzentstörung auf der Gleichstromseite von Stromrichteranlagen behandelt, bestehend aus einer Reihendrosselspule und einem Satz Schwingungskreise. Als Gütegrad ε_r der Glättungseinrichtung wird das Verhältnis der Störspannungen an der Gleichstromsammelschiene bei Betrieb ohne bzw. mit Glättungseinrichtung definiert, und zwar unter Berücksichtigung der Hörempfindlichkeitskurve:

$$\varepsilon_r = \frac{\sqrt{\sum (s_n p_n)^2}}{\sqrt{\sum \left(\frac{s_n p_n}{\varepsilon_n}\right)^2}}.$$

s_n bedeutet die Faktoren der Hörempfindlichkeitskurve, p_n die Oberwellenspannungen in Prozent der mittleren Gleichspannung und ε_n das Verhältnis der einzelnen Oberwellenstörspannungen vor und hinter der Glättungseinrichtung. Einen bestimmten Gütegrad ε_r kann man mit beliebig vielen Kombinationen ε_n der Einzeloberwellen erreichen. Für den Fall des Leerlaufs einer ungesteuerten sechsphasigen Stromrichteranlage gibt der Verfasser sowohl in nomographischer Darstellung als auch in Tafelform eine Vielzahl solcher Kombinationen ε_n mit den zugehörigen Gütegraden ε_r an. Diese Nomogramme und Tafeln sind aufgestellt einmal für Betrieb der Anlage mit einer Primärfrequenz von 50 Hz und viergliedrigem Siebkreis und zum anderen für Betrieb der Anlage mit 60 Hz und dreigliedrigem Siebkreis. Die Werte ε_n werden dabei im Bereich von 10 bis 4 variiert.

In einem zweiten Abschnitt sind in analytischer Form Angaben gemacht, wie man für vorgegebene Werte ε_n der Einzeloberwellen und des Gesamtgütegrades ε_r die elektrischen Konstanten Induktivität, Kapazität und ohmschen Widerstand der einzelnen Siebkreise und der Reihendrosselspule zweckmäßig auswählt. Es wird eine einfache Beziehung für die Verminderung der einzelnen Spannungsoberwellen gegeben, welche unter gewissen Vereinfachungen gilt:

$$\varepsilon_n = \frac{\omega_n L_0}{R_n}.$$

Hierbei bedeuten L_0 die Induktivität der Reihendrosselspule, R_n den ohmschen Widerstand des auf ω_n abgestimmten Einzelschwingungskreises und ω_n die Kreisfrequenz der betreffenden Spannungsoberwelle. Bei der Auswahl der einzelnen Induktivitäten und Kapazitäten der Glättungseinrichtung wird weiterhin berücksichtigt, daß der Gütegrad der Glättungseinrichtung auch bei vorgegebenen Frequenzschwankungen des Primärnetzes möglichst erhalten bleiben soll. *E. Kb.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.316.722.1.083.5 : 621.384.5

Kompensationsschaltung zur genauen Konstanthaltung von Spannungen mittels Stabilisierröhren. [Nach A. Aulmann, Z. techn. Phys. 19 (1938) S. 320; 2 S., 4 Abb.]

Zur Konstanthaltung von Gleichspannungen werden im allgemeinen Gasentladungsröhren verwendet, welche eine schwach ansteigende Strom-Spannungs-Kennlinie besitzen. D. h. auch bei Verwendung solcher Stabilisierröhren ist die Spannung bei Änderung des Stromes (bzw. der Netzspannung) nicht vollständig konstant. Die Konstanz kann wesentlich verbessert werden durch Verwendung einer Kompensationsschaltung nach Abb. 3. Der am Entladungsrohr St liegenden Spannung U_1 ist die an einem ohmschen Widerstand R_2 abfallende Spannung U_2 gegengeschaltet, welche mit U_1 so gekoppelt ist, daß sie alle aus dem Netz herrührenden Schwankungen genau mitmacht. Die Kopplung geschieht auf der Primärseite der beiden Transformatoren T_1 und T_2, und zwar gibt es zwei Möglichkeiten: „Stromkopplung" bei Hintereinanderschaltung, „Spannungskopplung" bei Parallelschaltung. Wenn man die Strom-Spannungs-Kennlinie des Entladungsrohres durch eine Gerade ersetzt, kann durch eine einfache Rechnung gezeigt werden, daß in beiden Fällen eine Unabhängigkeit der Ausgangsspannung U_K von Netzschwankungen

r wirksamer Kompensationswiderstand
C_1, C_2 Glättungskondensatoren
I_0 Entladungsstrom
I_1 Gesamtstrom
I_2 Kompensationsstrom
I_K Belastungsstrom
R_1 Glättungs- und Stabilisierwiderstand
R_2 Kompensationswiderstand
R_K Belastungswiderstand
St Stabilisierrohr
T_1, T_2 Netztransformatoren
U_1 stabilisierte Spannung
U_2 Kompensationsspannung
U_K konstante Ausgangsspannung

Abb. 3. Kompensationsschaltung zum Konstanthalten eine Gleichspannung.

erreichbar ist. An einigen mit einer Versuchsschaltung aufgenommenen Kurven wird gezeigt, wie die zur Kompensation nötige Gegenspannung von den Eigenschaften des Entladungsrohres abhängt, wie die Krümmung der tatsächlichen Kennlinie erhalten bleibt und wie durch Überkompensation auch eine fallende Kennlinie erreicht werden kann, ferner das Absinken der Spannung bei Belastung. Die am Ausgang der Versuchsschaltung noch auftretende Spannungsschwankung war —1,2‰ bei einer Stromänderung am Eingang von ± 50%. *eb.*

DK 621.317.785.025.3 : 621.3.061

Fehlschaltungen bei Hochspannungsmeßsätzen. [Nach M. P. Perkis, Rev. gén. Électr. 45 (1939) S. 35; 3½ S., 4 Abb.]

Unter den vielen möglichen Fällen falscher Schaltungen von Drehstromzählern in Verbindung mit Meßwandlern greift Perkis einen interessanten Fall heraus, nämlich die Vertauschung der Rückleitungen auf den Sekundärseiten der zwei Stromwandler bei Aronschaltung. In diesem Fall arbeiten die Wandler sekundär in Reihenschaltung auf eine gemeinsame Bürde, führen also ein und denselben Sekundärstrom, während die Primärströme um 120° in der Phase verschoben sind. Die Ströme werden berechnet und das Diagramm aufgestellt. Es können dabei zwei Fälle vorkommen, von denen Perkis nur einen beschreibt, nämlich die gleichsinnige Schaltung und die Gegenschaltung der Wandler.

Anm. d. Ber.: Diese Schaltungen wurden, was Herrn Perkis entgangen ist, bereits im deutschen Schrifttum[1]) eingehend behandelt. *Be.*

DK 621.317.733 : 531.788.7

Bestimmung der Vakuumdichte von Hochvakuumgeräten. [Nach T. A. Rogers, B. L. Robertson und D. D. Davis, Gen. Electr. Rev. 41 (1938) S. 534; 2 S., 4 Abb.]

Zur raschen Bestimmung der Vakuumdichte z. B. metallischer Hochspannungs-Kathodenstrahlröhren hat sich die in Abb. 4 dargestellte Brückenanordnung bewährt, die leicht und billig herzustellen ist und bei der die Änderung des elektrischen Widerstandes eines stromdurchflossenen Drahtes mit der Wärmeleitfähigkeit des ihn umgebenden Gases, die nach Pirani-Hall ihrerseits vom Gasdruck abhängig ist, zur Messung des Gasdruckes dienstbar gemacht wird. Dieser Draht ist in einer mit einem Metallflansch zum Anschluß an das zu prüfende Vakuumgerät versehene Vakuumröhre (1) untergebracht und stellt den einen Brückenzweig dar. Die anderen Brückenzweige werden durch zwei feste ohmsche Widerstände und einen dem vorgenannten ähnlichen Draht gebildet, der in eine Hochvakuumröhre (2) eingeschlossen ist, um den Einfluß der Raumtemperatur zu vermeiden. Jede Schwankung des Gasdruckes in dem zu untersuchenden

[1]) Heller u. Kauders, Arch. Elektrotechn. 29 (1935) S. 599.

[1]) U. Möllinger, Siemens-Z. 7 (1927) S. 161. W. Beetz, Arch. techn. Messen J. 752—6 (Aug. 1937).

Vakuumgerät (1) verursacht somit eine entsprechende Änderung des Ausschlages des mit einem regelbaren ohmschen Vorschaltwiderstand versehenen Brücken-Millivoltmeters (5). Die Nullabgleichung der Brücke erfolgt bei Atmosphärendruck und ihre Eichung mit Hilfe eines zweckentsprechend ausgebildeten McLeod-Druckmessers. Nach dem Abschalten der Luftpumpe gibt sich jede in dem zu prüfenden Gerät auftretende Undichtigkeit sofort durch einen Rückgang des Zeigerausschlages am Millivoltmeter zu erkennen. Aus der Geschwindigkeit dieses Rückganges läßt sich außerdem auf die Größe der Undichtigkeit im Verhältnis zum Rauminhalt des Vakuumgerätes zurückschließen. Zweckmäßig wird zu dem Anzeigegerät noch ein selbstaufzeichnendes Millivoltmeter (6) nebengeschaltet, um die Gasdruckänderungen während des Auspumpens des Vakuumgerätes auch aufzeichnen zu können. Der Arbeitsbereich der Meßanordnung liegt zwischen Gasdrücken von etwa 1 und 10^{-4} Torr. Bei höheren, über wenigen Torr liegenden Drücken sind zu viele, die Wärmeableitung vom Draht herbeiführende Gasmoleküle vorhanden, so daß die Vorrichtung unwirksam wird. Dasselbe ist bei sehr geringen Drücken aus dem Grunde der Fall, weil sich dann eine zur merkbaren Wärmeableitung ausreichende Anzahl von Gasmolekülen nicht mehr vorfindet. *O. N.*

1 Drahtwiderstand 1,2 Ω kalt 5 Anzeige-Millivoltmeter
2 Drahtwiderstand 1,26 Ω kalt 6 aufzeichnendes Millivoltmeter

Abb. 4. Brücke zur Vakuummessung.

Elektrowärme.

DK 621.365.414.036.6 : 669.71

Die Anwendung der Söderberg-Elektrode in Aluminiumöfen. [Nach M. Sem, Aluminium 20 (1938) S. 844; 4 S., 5 Abb.]

Die Söderberg-Elektrode wird bereits in Karbid-, Ferrolegierungs- und Stahlöfen weitgehend verwendet. Ihr Vorteil besteht darin, daß man selbst bei den größten Elektroden einen kontinuierlichen Ofenbetrieb durchführen kann. Erst nach Vornahme einiger bautechnischen Änderungen konnte die Söderberg-Elektrode auch für Aluminiumöfen herangezogen werden. Diese Änderungen beziehen sich besonders auf die Art und Weise, wie der elektrische Strom zugeführt wird. Während der metallische Elektrodenmantel in anderen Öfen mit Rippen versehen ist, die in die Elektrodenmasse hineinragen, wird hier der Strom den Elektroden der Aluminiumöfen durch einzelne Eisenkontakte zugeführt, die von der Außenseite in die Elektrodenmasse hineingeführt werden, unabhängig vom Elektrodenmantel. Die Eisenkontakte dienen nicht allein für die Stromzufuhr, sondern auch zur Aufhängung der Elektroden. Gewöhnlich verwendet man nur eine Elektrode je Ofen, bei größeren Öfen zwei. Das Arbeiten mit zwei Elektroden (auch bei kleineren Öfen) hat gewisse Vorteile; es ist leicht, den Ofen zwischen diesen beiden Elektroden zu bedienen, weil an dieser Stelle die Kruste des Bades dünn und weich ist und sich deshalb hier neue Tonerde oder auch Schmelzmittel bequem einrühren lassen. Ein Werk in Frankreich machte die ersten industriellen Versuche mit Söderberg-Elektroden, die sich auf Grund der günstigen Ergebnisse dann schnell verbreiteten. *Kp.*

DK 518.6 : 621.365.41/.44.001.24

Vierpol-Näherungsverfahren zur Ofenberechnung und -charakterisierung. [Nach E. Grünwald, Elektrowärme 8 (1938) S. 288 u. 310; 9 S., 7 Abb.]

Um die Wärmevorgänge im Ofen einfacher zu berechnen, wird der Näherungsweg der genauen analytischen oder graphischen Ofenberechnung eingeschlagen. Da aber auch dieser Weg sehr langwierig ist, wird vom Verfasser vorgeschlagen, zur Untersuchung das wärmetechnische Gebilde (Ofen) durch ein einfaches Gebilde (Netzwerk) mit konzentrierten Wärmespeichern und konzentrierten Wärmewiderständen so zu ersetzen, daß sich das Ersatzgebilde in seinem Verhalten möglichst dem wirklichen Gebilde nähert. Ähnlich wurde es schon gemacht, indem ein solches Gebilde aus Kapazitäten und Widerständen elektrisch aufgebaut wurde. Auf Grund der Ausführung mit Wärmespeichern und Wärmewiderständen wird nun folgendes durchgeführt:

Eine Ofenwand wird als ein Vierpol betrachtet, der die Temperatur und den Wärmestrom auf der Außenseite des Ofens auf die Ofeninnenseite abbildet, und man sucht nun einen Ersatzpol, der eine möglichst ähnliche Abbildung vermittelt.

A. Beispiel für die Rechnung bei gegebenen Ersatzvierpolelementen.
   1. Ersatz der Ofenwand durch einen Vierpol,
   2. Abänderung des Vierpoles je nach Art, Kühlung und Heizung der Ofenwand.

B. Berechnung der Elemente des Ersatzvierpoles für die Ofenwand.
   1. Die ebene einfache Ofenwand,
   2. die ebene Ofenwand aus zwei Schichten,
   3. die ebene Ofenwand aus drei Schichten,
   4. die einfache zylindrische Ofenwand,
   5. die zylindrische Ofenwand, bestehend aus mehr Schichten.

Die mathematische Ausführung möge dem Aufsatz entnommen werden. *Kps.*

Verkehrstechnik.

DK 621.34 : 625.433.17(7)

Antrieb der ersten Schwebebahn Amerikas. [Nach W. I. Bendz, Electr. J. 35 (1938) S. 429; 6 S., 6 Abb.]

Die Bahn führt auf den Cannon-Berg in New Hampshire und ist in der Bauart Bleichert-Zuegg ausgeführt, nach der auch die meisten europäischen Schwebebahnen gebaut worden sind. Mit dem Hauptseil wird eine Fahrgeschwindigkeit von 5 m/s bei einer Motorleistung von 74 kW erreicht, während das Hilfsseil mit 2 m/s und einem Motor für 30 kW gefahren wird. Die im Talbahnhof eingebauten Antriebe sind an ein Drehstromnetz von 440 V, 60 Hz angeschlossen. — Beide Motoren werden in Leonardschaltung gesteuert. Der Leonardumformer wird durch einen Drehstrommotor mit Käfigläufer von 92 kW und 1200 U/min angetrieben und besteht aus drei Gleichstrommaschinen: der Leonard-Hauptmaschine, der Erregermaschine und einer besonderen Steuermaschine. Fällt das Netz aus, so dient ein Sechszylinder-Benzinmotor von 60 PS Leistung als Notreserve für den Antrieb dieses Umformers.

Besonders sorgfältig wurde die Anlaßschaltung des Drehstrom-Umformermotors ausgebildet, um bei der langen, knapp bemessenen Zuleitung mit geringem Spannungsabfall anlassen zu können. Auf der ersten Schaltstufe wird der Käfigläufermotor durch einen vorgeschalteten Sparumspanner an niedrige Spannung gelegt, in der zweiten Anlaßstellung wird jeder Ständerphase ein Widerstand vorgeschaltet, und, wenn die volle Drehzahl nahezu erreicht ist, erfolgt der unmittelbare Anschluß an die Netzspannung. Der Anfahrstrom überschreitet bei dieser Schaltung nie den im Betrieb erforderlichen Vollaststrom.

Die Bedienung der Steuerung erfolgt durch eine sechsstufige Meisterwalze, mit der nur Steuer- aber keine Ankerströme geschaltet werden. Der Ankerkreis bleibt auch in der Nullstellung der Walze geschlossen, und ein Sonderfeld der Leonard-Hauptmaschine bewirkt das Abklingen der Ankerspannung auf den Nullwert. Beschleunigung und Verzögerung werden durch stromabhängige Schwingregler überwacht, deren Spulen im Motorankerkreis liegen und die beim Überschreiten des zulässigen Anfahr- und Bremsstromes das Feld der Leonard-Hauptmaschine schwächen oder verstärken. Besonderer Wert wurde auf die Einhaltung einer gleichmäßigen Fahrgeschwindigkeit bei allen Belastungen gelegt. Da sich die Steigung des

Tragseiles an den Stützen und infolgedessen die Belastung des Motors während jeder Fahrt stark ändert, würden bei der üblichen Leonardsteuerung Geschwindigkeitsschwankungen und Stöße in den Kabinen beim Überfahren der Stützen fühlbar werden. Es wurde eine besondere Steuermaschine mit dem Umformer vereinigt, die in der Wheatstoneschen Brückenschaltung so mit dem Feld der Leonard-Hauptmaschine zusammenarbeitet, daß die Geschwindigkeit in jeder Stellung der Meisterwalze lastunabhängig wird (Abb. 5). Das vereinfachte Schaltbild gibt einen Überblick dieser Steuerung: im Ankerkreis des Hauptgenerators liegt ein Nebenwiderstand, der das Feld *1* der Steuermaschine beeinflußt; durch dieses Feld wird mit steigender Motorbelastung die Ankerspannung der Steuer-

1, 2, 3 Feldteile der Steuermaschine

Abb. 5. Schaltbild der Leonard-Steuerung.

maschine verstärkt. Das Feld *2* dieser Maschine liegt an den Motorklemmen, ist also von der Motorspannung abhängig. Im Brückenteil *AC* ist ein drittes Feld der Steuermaschine mit dem Feld der Leonard-Hauptmaschine in Reihe geschaltet. Die Erregermaschine erzeugt eine gleichmäßige Steuerspannung, die durch die Meisterwalze den Brückenanschlüssen *C* und *D* zugeführt wird. Ist die Steuerspannung an den Klemmen *AB* mit der durch die Meisterwalze in den Punkten *CD* eingestellten Spannung im Gleichgewicht, so sind die Ströme in den Brückenzweigen unveränderlich. Durch den Strom im Zweig *AC* wird die Drehzahl des Schwebebahnmotors gesteuert. Bei Spannungsänderungen am Motoranker beeinflußt Feld *2* durch die Steuermaschine die Brückenspannung *AB*, das Gleichgewicht in der Brücke wird gestört und im Zweig *AC* wird durch die Stromänderung das Feld der Leonard-Hauptmaschine im Sinne eines neuen Ausgleiches geregelt. Bei höherer Motorbelastung sinkt die Spannung am Feld *2*, und es wird über die Steuermaschine ein neuer Gleichgewichtszustand hergestellt. Außerdem wird durch das Feld *1* der Strom im Brückenzweig *AC* so weit verstärkt, daß der durch höhere Belastung verursachte Spannungsverlust im Ankerkreis ausgeglichen wird.

Die Steuerung ist so ausgebildet, daß bei schlechtem Wetter die Geschwindigkeit während des Überfahrens der Stützen durch Schalter am Streckenzeiger auf dem Steuerstand vermindert werden kann. Elektrische Bremsung und Stillsetzung an den Bahnsteigen erfolgen selbsttätig durch Endschalter unabhängig vom Bedienungsmann.

Da beim Notbetrieb der für den Antrieb des Leonardumformers verwendete Benzinmotor durchziehende Drehmomente nicht aufnehmen kann, werden beim Auftreten von Rückstrom im Motorankerkreis selbsttätig Belastungswiderstände in mehreren Stufen eingeschaltet, um unzulässige Drehzahlen zu vermeiden. *ey.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.396.61.029.63/.64

Ellipsenförmige metallische Hülle als Frequenzstabilisator. [Nach K. Morita u. K. Hayashi, Electrotechn. J., Tokio 2 (1938) S. 186; 4½ S., 5 Abb.]

Ein neuer, dämpfungsarmer Kreis für die Stabilisierung von Sendern für Dezimeter- und Zentimeterwellen wird angegeben, der eine Reihe von Vorteilen gegenüber Quarz und Turmalinkristallen aufweist, insbesondere sich durch hohe Überlastbarkeit und mechanische Festigkeit auszeichnet. Die im Kurzwellenbereich viel verwendete Lecherleitung kann im Ultrakurz- und noch mehr im Dezimeterwellenbereich nicht als dämpfungsarm angesehen werden, da die Strahlungsdämpfung nicht mehr zu vernachlässigen ist. Die in letzter Zeit vorgeschlagenen koaxialen Zylinder haben nur bei genügender Länge brauchbare stabilisierende Eigenschaften. Auch ein von Kolster[1]) angegebener dämpfungsarmer Kreis von Kugelgestalt hat eine Reihe von Nachteilen. Dagegen hat die hier angegebene Anordnung bei sehr geringer Dämpfung ausgezeichnete Stabilisierungseigenschaften. Eine Doppelantenne ist in der Brennlinie einer metallischen Hülle von der Gestalt eines Rotationsellipsoides angeordnet, das mit der Wellenfront der von der Doppelantenne ausgehenden Strahlung zusammenfällt. Die Strahlungsdämpfung wird unterdrückt, im Hohlraum bilden sich stehende Wellen aus, und eine scharfe Frequenz-Impedanz-Kennlinie mit großer Resonanzüberhöhung wird erreicht. Die Maxwellschen Gleichungen ergeben für den Scheinwiderstand der Doppelantenne den Wert

$$Z = \mathrm{j}\,\frac{240}{\pi}\,\mathrm{tg}\,\frac{2\,\pi}{\lambda}\,(u_m - u_0)\,\mathrm{ctg}\,\frac{2\,\pi}{\lambda}\,u_0,$$

wobei u_m die Halbachse der metallischen Hülle, u_0 die Halbachse der als langgestrecktes Ellipsoid aufgefaßten Doppelantenne bedeuten. Man erkennt, daß sich für $u_m - u_0 = \lambda/4$ und $u_0 \approx \lambda/8$ ein Pol des Scheinwiderstandes ergibt. Für die experimentelle Prüfung wurde ein Vierschlitzmagnetron benutzt, welches bei Modulation starke Frequenzänderungen zeigte. Man erhielt eine ausgezeichnete Frequenzstabilisierung, wenn man die Doppelantenne nicht, wie es die Theorie fordert, gleich dem Abstand der Brennpunkte, sondern etwa 40% kürzer machte. Die Ursache dieser Abweichung wird nicht erklärt. Doch wurde festgestellt, daß die elliptische, sich der Wellenfront anpassende Form der Hülle entscheidend für die stabilisierende Wirkung ist. Ein Kupferzylinder mit ebenen Endflächen zeigte keinerlei stabilisierende Eigenschaften. Zur Kennzeichnung der Güte der Stabilisierung wird mitgeteilt, daß eine Wellenlängenänderung von 47 cm auf 57 cm (durch Änderung der Länge einer Lecherleitung) bei Benutzung des neuen Kreises auf eine Änderung von 54 auf 54,15 cm zurückgeführt wird. Die günstigsten Abmessungen des neuen Stabilisators betragen dabei $2\,\lambda/8$ für die Doppelantenne, λ für die große Achse und $\frac{1}{2}\sqrt{3}\cdot\lambda$ für die kleine Achse der metallischen Hülle. Für diese Abmessungen erhielt man eine Resonanzüberhöhung von der Ordnung 2000. *Gkf.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 621.395.645+621.396.645

Ein Vorverstärker mit beliebig veränderlicher Frequenz. [Nach C. F. Sheaffer, Electronics, N. Y. 11 (1938) S. 58; 2 S., 1 Abb.]

Dieser Vorverstärker, ein Gerät, welches in der Fernmeldetechnik häufig verwendet wird, besitzt ein Bandpaßfilter, mit dem die Frequenz beliebig geregelt werden kann. Der Bandpaß besteht aus Reihenschaltungen gedämpfter Schwingungskreise, die den Querzweig eines Vierpoles darstellen. Der Vierpol ist also durch die sogenannte T-Schaltung dargestellt. Der Längszweig des unsymmetrisch aufgebauten Vierpoles besteht aus zwei gleichen Widerständen, die 80 kΩ betragen. Die *L*- und *C*-Größen in den Schwingkreisen sind ebenfalls alle gleich groß. Die übrigen Schaltelemente sind alle so bemessen, daß bei einer bestimmten Frequenz, und wenn zwischen den Kreisen Eigenresonanz herrscht, der Wechselstromwiderstand reell ist. Ebenfalls besteht die Möglichkeit, den Wechselstromwiderstand bei entsprechender Dämpfung gleich dem Resonanzwiderstand zu machen. Auf diese Weise wird der Frequenzgang der Reihenschaltung ganz wesentlich verringert und der Phasenwinkel vor allen Dingen auf einem Mindestmaß gehalten. Soll nun

[1]) F. A. Kolster, Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. 22 (1934) S. 1335.

eine hohe Durchlaßbreite erreicht werden, so wird eine ganze Reihe solcher Kreise mit der gleichen Dämpfung hintereinandergeschaltet. Geeignete Werte für die Wahl aller Schaltelemente sind in dem Aufsatz angegeben. *Hsr.*

DK 538.566 : 550.372

Fortpflanzung elektrischer Wellen über einer Erdkugel mit endlicher Leitfähigkeit. [Nach B. van der Pol u. H. Bremmer, Philos. Mag. 25 (1938) S. 817; 17 S., 6 Abb.]

Mit Hilfe der Hankelschen Zylinderfunktionen wird aus dem Hertzschen Vektor die Feldstärkeverteilung für einen Sender berechnet. Der Sender selbst steht auf der Erdoberfläche, die als eine Kugel von beliebiger Leitfähigkeit und Dielektrizitätskonstante angesehen werden kann. Durch den Ansatz von Pol und Bremmer werden die genauesten Ergebnisse erzielt, soweit es heute möglich ist, ein solches Strahlungsfeld untersuchen zu können. Die aus der Theorie folgenden Ausdrücke der Zylinderfunktionen sind graphisch dargestellt. Außerdem sind Kurven für den Verlauf der Feldstärke in Abhängigkeit von der Entfernung bei der Fortpflanzung der Strahlen über einen See und über einen Boden von mittleren Eigenschaften ausgerechnet und gezeichnet. *Hsr.*

Physik.

DK 538.561 : 537.228.1

Über Schwingkristalle aus Seignettesalz. [Nach O. Mattiat, Z. Hochfrequenztechn. 50 (1937) S. 115; 6 S., 11 Abb.]

In dem Aufsatz werden die Ergebnisse einiger Messungen an piezoelektrischen Seignettesalzkristallen mitgeteilt. Aus Kristallplatten, die senkrecht zur a-Achse bzw. zur b-Achse (Abb. 6) orientiert waren, wurden zunächst Stäbe von 20 mm

R_1 Dämpfungswiderstand
Kr Kristall
R_2 ohmscher Reihenwiderstand
RV I, *RV II* Röhrenvoltmeter

Abb. 6. Seignettesalz-Kristallplatte (a) und Meßanordnung zur Aufnahme der Kristallresonanzkurven (b).

Länge, 5 mm Breite und 2 mm Dicke geschnitten, deren Längsrichtung mit der c-Achse Winkel von 0°, 10°, 20° bis 90° bildete; die Eigenfrequenz dieser Stäbe wurde gemessen; in Abb. 7a und b ist der Schwingungskoeffizient N_e (mm · kHz) abhängig von der Staborientierung dargestellt. Festgestellt konnte werden, daß sich am leichtesten Kristallstäbe, die unter 45° gegen die c-Achse geneigt sind, anregen lassen. Untersuchungen über das Verhalten der Eigenfrequenz eines Kristallstabes dieser Orientierung gegenüber Änderungen seiner Breite zeigten, daß die Frequenz mit zunehmender Breite abnimmt und daß eine zweite Eigenschwingung, die Breitenschwingung, auftritt, wenn die Stabbreite mit der Stablänge vergleichbar wird; Abb. 7c zeigt den Gang der Eigenfrequenz eines 15,6 mm langen und 1 mm dicken Kristallstabes mit der Breite. Es wurden nun 30 Stäbe der 45°-Orientierung verschiedener Länge, Breite und Dicke aus Platten, die senkrecht zur b-Achse gerichtet waren, geschnitten; die Eigenfrequenz der einzelnen Stäbe wurde gemessen und nach den in Abb. 7c veranschaulichten Meßergebnissen auf unendlich kleine Breite korrigiert. Aus den mit diesen korrigierten Eigenfrequenzen bestimmten Schwingungskoeffizienten, die zwischen 1195 und 1226 mm · kHz bei den einzelnen Stäben schwankten, ergab sich ein mittlerer Schwingungskoeffizient von $N_e = 1210$ mm · kHz in Übereinstimmung mit den Messungen von W. G. Cady[1]), der für einen Seignettesalzkristall derselben Orientierung bei 56,8 kHz einen Schwingungskoeffizienten gleicher Größe bestimmte. Der Temperaturkoeffizient der Eigenschwingung solcher Kristallstäbe wird mit $0{,}6 \cdots 2{,}3 \cdot 10^{-3}$ (°C), also etwa zwei Größenordnungen höher als für Quarz, angegeben und als temperaturunabhängig befunden. Das elektrische Ersatzbild eines Seignettesalzkristalls setzt sich

a, b: $f_e = F$ (Staborientierung)
a Feldrichtung ⊥ b-Achse
b Feldrichtung ⊥ a-Achse
c Abhängigkeit von f_e von der Kristallbreite

Abb. 7. Kennlinien von Seignettesalzstäben.

in gleicher Weise wie beim Quarz aus einer Induktivität L, einer Kapazität C und einem ohmschen Widerstand R in Reihenschaltung mit parallelgeschalteter statischer Kapazität C_0 zusammen. Während sich die Kapazität am einfachsten aus den Ausmaßen des Kristalls nach der Formel

$$C_0 = \frac{\varepsilon}{4\pi} \frac{l\,b}{d} \tag{1}$$

(l Länge, b Breite, d Dicke in cm)

berechnen läßt, werden L und C am besten durch Bestimmung der Resonanzfrequenz experimentell bestimmt, für die gilt

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\,C}} \tag{2}$$

und der Antiresonanzfrequenz, für die

$$f_a = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\,C\,\dfrac{C_0}{C+C_0}}}$$

gilt. Gemäß Abb. 6b erfolgt die Aufnahme der Resonanzkurve des Schwingkristalls durch Spannungsmessung mittels der Röhrenvoltmeter *RVI* und *RVII*; im Resonanzfall ($f = f_r$) ist der Blindwiderstand des Kristalls Null, und das Röhrenvoltmeter am Kristall zeigt ein Minimum an; im Fall der Antiresonanz ($f = f_a$) stellt der Kristall einen hohen ohmschen Widerstand dar, das Röhrenvoltmeter zeigt einen Höchstwert an. Der relative Frequenzabstand zwischen Resonanz und Antiresonanz, der zu $\frac{\Delta f}{f_r} = \frac{f_a - f_r}{f_r}$ definiert ist, ergibt sich bei Berücksichtigung der Tatsache, daß $C/C_0 \ll 1$ ist und nach Ersatz von C_0 durch den Ausdruck (1) und von C durch die bekannte Gleichung $C = \frac{8\,E\,\delta^2}{\pi^2} \frac{l\,b}{d}$ (cm), wo E der Elastizitätsmodul in der Schwingrichtung ($\text{dyn/cm}^2 = \text{cm}^{-1}\,\text{g}\,\text{s}^{-2}$) und δ der piezoelektrische Modul ($\text{cm}^{1/2}\,\text{g}^{-1/2}\,\text{s} = \text{cm}\,\text{dyn}^{-1/2}$) ist, zu $\frac{\Delta f}{f_r} \approx \frac{16\,E\,\delta^2}{\pi\,\varepsilon}$. Für drei verschieden orientierte Seignette-

[1]) W. G. Cady, Physics 7 (1936) S. 237.

salzstäbe ($\perp a$, 45° b, c; $\perp b$, 45° c, a; $\perp c$, 45° a, b) ließen sich so relative Frequenzabstände von 7%, 9% und 1,9% berechnen; die Messung ergab Werte von 7,2%, 4,8% und 1,5%. Ein Quarzstab gleicher Größe mußte nach der Rechnung einen relativen Frequenzabstand von 0,36% haben; gemessen wurden 0,35%. Schließlich wurde das logarithmische Dämpfungsdekrement verschiedener Seignettesalzkristalle aus der Güteziffer, die zu $Q = \frac{2\pi f_r L}{R}$ gegeben ist, gemäß der Beziehung $\vartheta = \pi/Q$ bestimmt. Dabei wurde R durch ein Ersatzverfahren gemessen, indem der Kristall in seiner Grundschwingung erregt und dann durch einen rein ohmschen Widerstand solcher Größe, daß das Röhrenvoltmeter *RVII* die gleiche Spannung wie vorher anzeigte, ersetzt wurde. Es konnten so Dämpfungsdekremente zwischen $11 \cdot 10^{-4}$ und $24,2 \cdot 10^{-4}$ bestimmt werden, gegenüber $1,25 \cdot 10^{-4}$ bei gleich großen Quarzstäben. Die Dämpfung von Seignettesalz ist also etwa zehnmal größer als bei Quarz; die Güteziffer, die zwischen 2000 und 4000 liegt, ist eine Größenordnung besser als die Güteziffer guter Spulen. *E. C. M.*

DK 621.385.032.216 : 537.581

Die Änderung der Elektronenaustrittsarbeit bei der Aktivierung von Oxydkathoden. [Nach W. Heinze und S. Wagener, Z. Phys. 110 (1936) S. 164; 25 S., 16 Abb.]

In der Arbeit wird untersucht, ob und wie weit das bei der Aktivierung der Oxydkathoden erhaltene Anwachsen der Emission durch eine Verringerung der Elektronenaustrittsarbeit der Oxydschicht verursacht wird. Diese Austrittsarbeit wird aus dem in einer Diode zwischen Kathode und Anode vorhandenen Kontaktpotential ermittelt, welches nach dem von Germer und Rothe angegebenen Verfahren aus dem Schnittpunkt zwischen der Anlaufstrom- und der Sättigungsstromkennlinie bestimmt wird. Auf diese Weise erhält man unter Vermeidung der Fehlerquellen, die bei anderen Verfahren zur Messung der Austrittsarbeit vorhanden sind, unmittelbar die für den Emissionsstrom maßgebende mittlere Austrittsarbeit der Oxydkathode. Die Austrittsarbeit der Anode, die für die Ermittlung der Oxydkathodenaustrittsarbeit aus dem Kontaktpotential bekannt sein muß, wird bei der in der Arbeit benutzten Versuchsanordnung durch eine zweite Kontaktpotentialmessung gegen einen Wolfram-Draht, der sich in der Verlängerung der Kathodenachse befindet, ermittelt. Die Austrittsarbeit dieses Drahtes wird schließlich durch Aufnahme seiner Richardsonschen Geraden erhalten.

Es werden in der Arbeit indirekt geheizte Kathoden mit Nickel und mit Platin als Unterlagemetall benutzt; die Oxydschicht besteht aus einer Mischung von Erdalkalikarbonaten. Die Kathoden werden entweder durch reines Glühen oder durch Formieren mit Emissionsstrom aktiviert. Bei allen untersuchten Kathoden zeigt das Meßergebnis, daß die mittlere Austrittsarbeit während der Aktivierung kleiner wird. Dabei ist die gemessene Austrittsarbeitsabnahme so groß, daß sie nicht durch eine Zunahme der gut emittierenden Emissionszentren auf der Kathode auf Kosten der schlecht emittierenden erklärt werden kann. Vielmehr muß aus den Versuchsergebnissen der Arbeit zusammen mit den in einer früheren Arbeit[1]) der Verfasser gewonnenen Ergebnissen gefolgert werden, daß bei der Aktivierung gut umgewandelter Oxydkathoden die Austrittsarbeit in allen emittierenden Zentren gleich stark abnimmt. Im Gegensatz hierzu besitzt die Mengenkonstante der Emissionsgleichung einen während der Aktivierung nahezu unveränderlichen Wert, so daß also das Anwachsen der Emission allein auf die gemessene Abnahme der Austrittsarbeit zurückgeführt werden muß. Nur bei unvollkommenen Kathoden ergibt sich, wie die Verfasser aus der bei diesen Kathoden beobachteten Parallelverschiebung der Anlaufstromkennlinie mit der Aktivierung schließen, eine Zunahme der Zahl der gut emittierenden Zentren bei der Aktivierung.

Auf Grund der beschriebenen Versuchsergebnisse erörtern die Verfasser, welche der bisher vorhandenen Anschauungen über den Emissionsmechanismus der Oxydkathoden und welche der hieraus sich ergebenden Emissionsgleichungen die richtige ist. Es wird gezeigt, daß sowohl die Versuchsergebnisse als auch die Theorie für die Gültigkeit der zuerst von Reimann angegebenen Emissionsgleichung $i_s = A T^2 e^{-\frac{\varepsilon(\psi_i + \psi_a)}{kT}}$ sprechen, in der i_s den Sättigungsstrom der Oxydkathode, T die absolute Temperatur und k die Boltzmannkonstante bedeuten. Die Mengenkonstante A dieser Gleichung ist, wie die Verfasser zeigen, eine universelle Größe, während die Austrittsarbeit $(\psi_i + \psi_a)$ sich aus zwei Anteilen zusammensetzt, nämlich einer inneren Austrittsarbeit ψ_i, die benötigt wird, damit die Elektronen in der Oxydschicht vom Kernmetall zur Grenzfläche gegen das Vakuum geleitet werden können, und einer äußeren Austrittsarbeit ψ_a, die beim Austritt der Elektronen ins Vakuum aufgebracht werden muß. Bei der Aktivierung ändert sich allein die Summe dieser beiden Austrittsarbeiten, und zwar ist es nach den bisher vorliegenden Versuchsergebnissen wahrscheinlich, daß in der Hauptsache nur die innere Austrittsarbeit ψ_i geändert wird. *Ew.*

[1]) Z. techn. Phys. 17 (1936) S. 645.

DK 537.749

Ein Zählrohrverstärker mit beliebigem Untersetzungsverhältnis. [Nach P. Weiß, Phys. Z. 40 (1939) S. 34; 3¾ S., 4 Abb.]

Die Registrierung von elektrischen Impulsen mit elektromagnetischen Zählwerken ist wegen der Trägheit des Werkes nur bis zu einer gewissen Höchstfrequenz möglich. Durch einen elektrischen Untersetzungsvorgang können aber höhere Zählfrequenzen erfaßt werden, d. h. das Auflösungsvermögen τ der Zählanordnung wird vergrößert.

Es sind bisher eine Anzahl solcher Frequenzuntersetzer angegeben worden, die teils mit Gastrioden, teils mit Vakuumröhren arbeiten und in jeder aus 2 bis 4 Röhren bestehenden Stufe eine Untersetzung 2 : 1 liefert. Durch Anwendung der Stoßakkumulation auf einem Kondensator wurde ein Untersetzergerät gebaut, mit dem eine Untersetzung bis zu 40 : 1 und auch höher mit nur zwei Gastrioden und einer Vakuumröhre erzielt wird. Das Untersetzungsverhältnis wurde für vier verschiedene Werte umschaltbar gemacht, indem jeweils andere Widerstandswerte in den Aufladekreis gelegt werden.

Das berechnete Auflösungsvermögen (effektive Trägheit) der Anordnung von $\tau = 1,5 \cdot 10^{-3}$ s wird durch Messungen mit Photozellenstößen und durch Untersuchung der Stoßzahlen eines Geiger-Müller-Zählrohres bestätigt. Die Verwendung von drei Vakuumröhren führt zu einem Auflösungsvermögen von $\tau = 5 \cdot 10^{-5}$ s und ermöglicht Untersetzungen von 50 : 1, 100 : 1 und mehr. *Vb.*

DK 537.749 : 537.59.08

Zur Untersuchung von Zählrohruntersetzern. [Nach P. Weiß, Phys. Z. 40 (1939) S. 37.]

Bei der Zählung von Höhenstrahlungsteilchen ist es trotz der verhältnismäßig geringen mittleren Frequenz der im Zählrohr ausgelösten elektrischen Impulse notwendig, für ein großes Auflösungsvermögen der Zähleinrichtung (Verstärker-Untersetzer-Zählwerk) zu sorgen, da sonst wegen der statistischen Aufeinanderfolge einzelne Stöße auch sehr kurzzeitig aufeinanderfolgen und daher für die Zählung ausfallen können. Das bedeutet, daß die Anordnung für die Zählung solcher Stöße ein anderes effektives Auflösungsvermögen besitzen kann, als dies mit normalen periodischen Kippfrequenzen gefunden wird.

Es wird daher ein Stoßgenerator entwickelt, der neben einer normalen veränderlichen Kippfrequenz auch Stoßpaare liefern kann; in der Weise, daß der zeitliche Abstand der Paare verhältnismäßig groß (etwa ½ s) ist, der Zeitabstand der beiden Einzelstöße unter sich jedoch klein und zwischen 10^{-3} und 10^{-4} s veränderlich ist.

Ein Thyratron mit etwa ½ s Kippzeit lädt eine Kapazität auf, die so bemessen ist, daß sie einem zweiten Kippschwingrohr mit veränderlicher Kippzeit gerade für zwei bis drei Kippvorgänge genügende Spannung liefert. Da die Stoßamplituden demgemäß exponentiell abklingen, lassen sich durch eine Verstärkerstufe die gewünschte Anzahl Stöße (hier also zwei) allein weiterverwenden. *eb.*

DK 550.372

Die elektrische Ladung der Erde und ihre Aufrechterhaltung. [Nach G. Petrucci, Universo 19 (1938) S. 487; 4 S., 1 Abb.]

Trotz zahlreicher theoretischer Ansätze ist bisher eine befriedigende Erklärung des Ursprungs des luftelektrischen Feldes der Erde noch nicht gelungen. G. Petrucci liefert mit der vorliegenden Abhandlung einen neuen Beitrag zu den zahlreichen Lösungsversuchen, der insofern von einem gewissen Interesse erscheint, als darin ein bisher unbekannt gewesener eigenartiger photoelektrischer Effekt zur Deutung herangezogen wird. Folgendes Experiment war der Ausgangspunkt aller weiteren Erörterungen: Längs einer isolierten und mit einem empfindlichen Elektrometer verbundenen Metallplatte verlief

ein Strahl ultravioletten Lichtes, jedoch so, daß die Metallplatte selbst von dem Licht nicht getroffen und somit an der Metallplatte selbst kein Photoeffekt ausgelöst werden konnte. Es zeigte sich dann, daß die Metallplatte ein negatives Potential von einigen Volt annahm, während in der Luft vor der Platte, längs der Lichtstrahlbahn, sich eine positive Ionenladung ausbildete. Im Gleichgewicht, welches sich sehr schnell einstellte, herrschte an der Metalloberfläche ein bestimmtes elektrisches Feld, welches zahlenmäßig dem mittleren luftelektrischen Felde der Erde gleichkam, während ein positiver Ionenstrom aus der umgebenden Luft auf die Metallplatte einströmte und so den weiteren Spannungsanstieg verhinderte. Das Phänomen, das von dem Verfasser erstmalig beobachtet wurde, erklärt sich einfach daraus, daß durch das ultraviolette Licht an feinen in der Luft befindlichen festen Partikeln (Staub, mikroskopische Tröpfchen) durch äußeren Photoeffekt Elektronen ausgelöst werden, die mit einer kinetischen Energie von einigen Volt austreten und zum Teil bis auf die Metallplatte gelangen und so deren Aufladung bewirken. Petrucci meint, daß dieselben Vorgänge im Großen an der Grenzfläche feste Erde/Atmosphäre vorliegen und so das Zustandekommen des luftelektrischen Feldes sowie des, bekanntlich ebenfalls positiven, aus der Atmosphäre auf die feste Erde einströmenden luftelektrischen Vertikalstromes bedingen. In der Tat ergaben diesbezügliche Versuche des Verfassers, daß bereits durch das nur langwelliges Ultraviolett enthaltende Sonnenlicht (in Meereshöhe liegt die kurzwellige Grenze des Sonnenultravioletts bei etwa 297 mμ) an schwach staubhaltiger Luft der in Rede stehende Effekt ausgelöst werden kann, wobei auf der Elektrode je cm² und sec eine negative elektrische Ladung von 10^{-7} el.-stat. Einheiten erzeugt wurde. Eine überschlagsmäßige Rechnung zeigt, daß man somit bei Zugrundelegung des neuen Effektes eventuell die Größenordnung des beobachteten mittleren vertikalen Stromes erreichen kann. Einen weiteren Hinweis für die grundsätzliche Berechtigung seiner Annahme über den Ursprung des luftelektrischen Erdfeldes erblickt Petrucci auch darin, daß die an den Versuchsmodellen an der Metalloberfläche erzielte Feldstärke etwa der Größe des luftelektrischen Potentialgefälles entspricht. Auf Grund der neuen Hypothese — trotz der genannten auffallenden Übereinstimmungen gewisser experimenteller Ergebnisse mit luftelektrischen Erfahrungen wollen wir die Anschauung doch noch weiter als Hypothese bezeichnen, da bekanntlich auch andere Theorien der Luftelektrizität wenigstens größenordnungsmäßig ganz vernünftige Resultate geben — würden sich naturgemäß die bereits seit längerem bekannten Zusammenhänge zwischen Luftelektrizität und Sonnenintensität, insbesondere die Beziehungen zur solaren Ultraviolettintensität von selbst erklären (auch die Beziehungen zur Sonnenfleckhäufigkeit fallen darunter, da das Auftreten von Sonnenflecken mit einer erheblichen Zunahme der Ultraviolettintensität der Sonne verbunden ist). Ebenso sind auch die Beobachtungen, die über den Einfluß der Bewölkung sowie über die Bedeutung verschiedenen Staubgehaltes der Atmosphäre auf die luftelektrischen Faktoren bekannt geworden sind, mit der neuen Hypothese gut verträglich. Es bleibt abzuwarten, wieweit genauere zukünftige Untersuchungen die sich an die neue Theorie knüpfenden Hoffnungen bestätigen. *Bmk.*

Allgemeiner Maschinenbau.

DK 621.822.5 : 620.17

Vergleichende Untersuchungen von Metall- und Kunstharzpreßstoff-Lagern. [Nach R. Strohauer, Z. VDI 82 (1938) S. 1441; 8½ S., 13 Abb.]

R. Strohauer berichtet über die an der staatlich geleiteten Materialprüfungsanstalt Darmstadt durchgeführten Vergleichsversuche mit Metallagern und Lagern aus Kunstharzpreßstoffen. Die Versuche wurden an Lagern bis zu einem Durchmesser von 40 mm bzw. 60 mm gemacht. Es wurden Vergleichsversuche mit Metallagern aus Weißmetall, Bronze, Zink, Aluminium, Magnesium und Lagern aus Buma, Mipolam und geschichtetem Kunstharzpreßstoff durchgeführt und die Belastbarkeit, Lagertemperatur und das Reibungsmoment bei verschiedenen Drehzahlen und Kühlölmengen bestimmt. Das Lagerspiel wurde bei den ersteren zu 50 bis 80 μ und bei den letzteren Lagern zu 180 μ gewählt unter Berücksichtigung der größeren Wärmedehnung und Quellfähigkeit von Kunststoffen. Die Belastung wurde bei den Metallagern in den Grenzen von 5 bis 10 kg/cm² nach jeweils eingetretener Temperatur- und Reibungsbeharrung gesteigert.

Bei den Kunststofflagern konnte die Belastung nur in den Grenzen von 2 bis 3 kg/cm² gesteigert werden, wenn man das sogenannte Blocken vermeiden wollte. Es ist dies eine Erscheinung, bei der ein plötzlicher Reibungs- und Temperaturanstieg zu beobachten ist, ohne daß das Lager hierbei zerstört wird. Die Reibungsspitze erreicht zuweilen den 30fachen Wert des normalen, so daß die Welle stark gebremst wird. Nach wenigen Minuten tritt ein Abklingen auf den Ausgangswert ein, zuweilen sogar noch unter diesen Wert. Durch längeren Einlauf unter Last, oftmaliges Entlasten und langsames Wiederbelasten wurden die Preßstofflager schließlich gegen Laststeigerung unempfindlicher. Auch das Blocken aus dem Reibungs- und Temperatur-Beharrungszustand trat weniger häufig ein. Die Belastungsversuche wurden bis zur Zerstörung der Lager durchgeführt. Bei den Metallagern trat ein Versagen durch Auslaufen oder durch Fressen der Lagerschale ein. Beim Auslaufen war die Welle durch Lagermetall beschmiert, während beim Fressen starke Riefenbildung der Welle eingetreten war. Aluminium- und Magnesiumlager versagten ohne vorherige Anzeichen. Die Kunststofflager versagten bei Übertemperaturen von 130 bis 140° durch Verblocken. Hierunter ist eine dem Fressen bei Metallagern ähnliche Erscheinung zu verstehen, wobei durch starkes Verkohlen der Lauffläche eine schnelle Zerstörung des Lagers mit Festklemmen der Welle eintritt.

Hinsichtlich der Belastbarkeit ergeben sich zwischen den Metallagern und den Kunstofflagern erhebliche Unterschiede. So wurden z. B. bei den Metallagern mit den Abmessungen 40 mm Dmr. und 20 mm Länge ($l/d = 0{,}5$) bei einer Drehzahl $n = 1000$ U/min 335 bis 460 kg/cm² spez. Belastung erreicht. Die Schmierölmenge betrug 0,43 l/h (Tropfölschmierung) Abb. 8.

Lagerlänge l = 20 mm	Ölmenge:
Wellendurchm. d = 40 mm	Metallager 0,43 l/h
Drehzahl n = 1000 U/min	Kunstharzpreßstoff-Lager 13,5 l/h

Abb. 8. Laufversuche mit Metall- und Kunstharzpreßstoff-Lagern.

Unter den gleichen Betriebsverhältnissen wurden Kunststofflager aus fein- bzw. grobmaschigem Gewebe und mit 50% Kresolharzgehalt bereits bei 25 kg/cm² Belastung völlig zerdrückt. Durch besondere Maßnahmen gelang es, die Belastbarkeit wesentlich zu steigern; es wurde jedoch nicht im entferntesten die bei Metallagern mögliche Belastbarkeit erreicht. Durch Erhöhung der Ölzufuhr auf 13,5 l/h und somit bessere Kühlung konnte die Belastbarkeit auf 50 bzw. 85 kg/cm² gesteigert werden. Die andere Möglichkeit zur Steigerung der spez. Tragfähigkeit bestand in der Änderung des Lagerverhältnisses l/d. Bei Lagern mit feinmaschigem Gewebe als Harzträger mit einem Lagerverhältnis $l/d = 0{,}875$ statt 0,5 stieg bei gleicher Ölzuführung die Belastbarkeit von 85 kg/cm² auf 130 kg/cm². Bei der Tropfölschmierung (0,43 l/h) konnte dieses Lager noch 40 kg/cm² aushalten. Eine Verringerung der Wandstärke der Lagerschale brachte noch eine Steigerung auf 150 kg/cm², da durch diese Maßnahme ein steilerer Temperaturabfall von der Lauffläche zum Lagerkörper eintrat, wodurch eine größere Wärmemenge als vorher zum Lagerkörper abgeführt wurde.

E. Heidebroek, T. H. Dresden, betont in einer Stellungnahme zu dem Aufsatz, daß bei zu geringer Lagerlänge infolge des starken seitlichen Druckabfalles im Druckraum der Schmierschicht die Ausbildung eines tragenden Ölfilmes verschlechtert und somit ein früherer Eintritt der Grenzreibung erreicht wird. Ferner ist die Belastbarkeit eines Lagers etwa dem Quadrat des Lagerspiels umgekehrt proportional. Daher erscheint die Belastbarkeit der Metallager mit dem geringeren Lagerspiel günstiger als die der Preßstofflager mit dem größeren Lagerspiel.

Herr Ernst, Nürnberg, berichtet aus dem Kranbau der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg über Vergleichsversuche mit Rotguß- und Kunstharzpreßstoff-Lagern. Lager von

40 mm Dmr. und 65 mm Länge aus senkrecht zur Lagerachse geschichtetem Preßstoff wurden mit 100 kg/cm² belastet. Es traten an den Versuchslagern nach einiger Zeit Risse längs der Gewebebahnen auf, und zwar hauptsächlich an den Enden der Lagerschalen, wie bei den Versuchen des Verfassers. Die Lagerschalen aus gewickelten oder regellos verpreßten Rohren zeigten nach derselben Belastung keinerlei Beschädigung. Im praktischen Betrieb wurden an einem 10 t-Lagerplatz-Laufkran Preßstoffbuchsen von 85 mm Dmr. und 80 mm Länge eingebaut und mit 80 bis 100 kg/cm² bei 45 bis 65 U/min belastet. Die

a aus Phenol, mit Bahnen eines Sonderharzträgers }
b aus Kresol, mit Bahnen von Baumwollgewebe } Schichtrichtung senkrecht zur Lagerachse
c aus Phenol, mit Papierbahnen }
d aus Phenol, mit Baumwollgewebe-Schnitzeln } formgepreßt
e aus Phenol, mit feinzerfaserten Baumwollgewebe-Schnitzeln } formgepreßt
f, g aus Phenol wie d, jedoch verschieden lange nachgepreßt
h aus Kresol, mit Baumwollgewebe gewickelt und nachgehärtet
i aus Kresol mit Baumwollgewebe, gewickelt, gepreßt und nachgehärtet

Abb. 9. Grenzwerte der Belastbarkeit von Kunstharzpreßstoff-Lagern bei verschiedenen Umfangsgeschwindigkeiten.

Lagerbuchsen aus senkrecht zur Lagerachse geschichtetem Material waren nach 4,5 Monaten vollkommen zerstört. Dagegen waren die Buchsen aus regellos verpreßten Gewebeschnitzeln nach 14 Monaten Betriebsdauer noch nicht völlig unbrauchbar und zur Not noch weiter betriebsfähig. Die gewickelten Preßstoffbuchsen mußten erst 17 Monate nach dem Einbau ausgewechselt werden.

Abb. 10. Buchse aus Leichtmetall mit eingepreßter dünner Kunstharzpreßstoff-Schicht als Lauffläche.

Über die Arbeiten im Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem berichten die Herren K. H. Bußmann und E. Amedick. Es wird zunächst mitgeteilt, daß bei Einlaufversuchen das sogenannte Blocken ebenfalls beobachtet worden ist. Aber auch bei Metallagern konnte bei hohen Belastungen plötzliche Erhöhung der Temperatur- und Reibungswerte mit anschließendem Absinken auf einen geringeren Beharrungswert als vorher festgestellt werden, allerdings nicht so ausgeprägt wie bei Preßstofflagern. Im allgemeinen lagen bei den Versuchen die erreichten Grenzbelastungen höher, wohl infolge der größeren verwendeten Kühlölmenge. Die Erfahrungen mit senkrecht zur Lagerachse geschichteten Preßstofflagern waren auch hier nicht günstig (Abb. 9). Zur Erhöhung der Tragfähigkeit setzte man Preßstoffbuchsen in Stützschalen aus Stahl, die axiale Begrenzungen hatten. Hierdurch wurde ein seitliches Ausweichen des Lagerschalenmaterials verhindert. Auch in diesem Bericht wird darauf hingewiesen, daß durch eine Verringerung der Wandstärken der Preßstofflager eine Erhöhung der Belastbarkeit erreicht werden kann.

In den Schlußbetrachtungen des Verfassers wird noch auf eine neue Konstruktion einer Leichtmetall-Buchse mit eingepreßter dünner Kunstharz-Preßstoffschicht als Lauffläche hingewiesen, bei der durch bauliche Maßnahmen die Tragfähigkeit von Preßstoffbuchsen heraufgesetzt werden konnte (Abb. 10). Zu der Frage des günstigsten Lagerspiels verweist der Verfasser auf neuere Versuche an der Materialprüfungsanstalt Darmstadt, bei denen auch bei Kunstharzpreßstoff- und Leichtmetallagern das betriebsmäßige Lagerspiel verringert werden kann, wenn man dünne Wandstärken vorsieht und die Lager vor ihrem Einbau einer geeigneten Vorbehandlung unterzieht. Hierüber soll in einem Aufsatz in „Deutsche Kraftfahrtforschung" berichtet werden. *P. Bl.*

Werkstatt und Baustoffe.

DK 679.56 + 621.315.616.002.54

Neue Maschinen für die Herstellung von Preß- und Spritzformen. [Nach Fr. Olk, Kunststoffe 28 (1938) S. 313; 5 S., 11 Abb.]

Wegen der zunehmenden Bedeutung der Kunststoffe wurden weitere Verfahren für die Herstellung von Formen zum Verpressen und Verspritzen von Kunstharzen entwickelt. Fr. Olk berichtet über neuere Maschinen zur Formenherstellung, wobei die Modellabtastung eine besondere Rolle spielt. Gute Betriebserfahrungen liegen bereits mit einer Stoßmaschine mit elektrischer Fühlersteuerung vor; diese Großstoßmaschine besitzt einen Tischdurchmesser von 2800 mm, eine Ausladung von 1400 mm und einen Stößelhub bis 2100 mm. Die Arbeitsweise des Werkstücktisches wird von der des Schablonentisches gesteuert, wobei die verschiedenen Antriebsmotoren in schneller, unregelmäßiger Folge entsprechend der Schablonenoberfläche für die Vorschübe ein- und abgeschaltet werden. Hierzu dienen als Magnetkupplungen ausgebildete Kontaktfühler, die zwischen Vorschubmotoren und Getriebe vorgesehen sind; diese arbeiten mit Relais zusammen. Dabei ist auf schnellste Bremsung größter Wert gelegt. Der Fühler tastet also die Schablone ab und betätigt dabei über die Kontakthebel die Relais für die Vorschubkupplungen. Je nach Neigung der Kurve wechselt der Druck auf den Fühler, so daß sich die Tische ständig dem Fühler bzw. Werkzeug nähern oder wieder davon entfernen. Nach diesem sogenannten Keller-Verfahren entsteht schließlich mit fortschreitender Bearbeitung ein genaues Abbild der Schablonenumrisse. Die gleiche Arbeitsweise ist für selbsttätig arbeitende Fräsmaschinen, Drehbänke, Hobelmaschinen u. a. anwendbar[1]).

Ebenfalls bewährt haben sich Kopierfräsautomaten mit Eltas-Steuerung, bei denen das Modell aus weniger widerstandsfähigem Werkstoff, wie Gips, Holz, Zement o. ä. bestehen kann[2]). Meist sind Modell und Werkstück fest, während sich Fühler und Werkzeug bewegen. Es sind entsprechend den drei Raumkoordinaten drei Vorschubmotoren, meist regelbare Gleichstrommotoren mit Leonardantrieben, vorhanden, die Sonderanker-Kurzschlußbremsung besitzen. Durch Zusammenwirken zweier Bewegungsrichtungen wird stufenloses Arbeiten erreicht. Die Steuerung arbeitet als Eltaslehre mit Taststift und zwischen zwei gegenüberliegenden Magnetspulen befindlicher beweglicher Zunge. Die durch die Auslenkung der Meßzunge entstehenden Schaltspannungen leiten über eine Thyratronröhre die Schaltvorgänge ein. An der Maschine sind weitere Möglichkeiten für Handbetrieb, für selbsttätiges Schichtenfräsen und Stillsetzen der Maschine nach beendeter Arbeit zur Abkürzung der Maschinenzeiten vorgesehen, wobei das selbsttätige Umrißfräsen mit Kunstschaltung noch besondere Erwähnung verdient. Auch nach dem Keller-Verfahren arbeitende Kopierfräsautomaten liefern gute Ergebnisse; dabei gelang es, die Zahl der zu bedienenden Druckknöpfe von 32 auf 12 zu vermindern. Kleinere Maschinen werden mit gleicher elektrischer Fühlersteuerung ausgerüstet. Weitere Ausführungsbeispiele von Kopierfräsautomaten und fühlergesteuerten Fräsmaschinen vervollständigen den Bericht. *Tsch.*

[1]) Vgl. ETZ 59 (1938) S. 417.
[2]) Vgl. ETZ 60 (1939) H. 16, S. 478.

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH.

Die Bestimmung des wirtschaftlich günstigsten Leistungseinsatzes.

Von W. Weingärtner VDE, Berlin.

DK 621.311.153.003.1

Übersicht. Es wird gezeigt, wie eine vorhandene Grund- und Spitzenkraft am wirtschaftlichsten einzusetzen ist, wenn — wie mit Rücksicht auf die zu erwartende Leistungssteigerung wohl immer der Fall — die Höchstlast die Leistungsfähigkeit beider Anlagen nicht voll beansprucht.

Die Bestimmung der wirtschaftlich günstigsten Aufteilung der Stromversorgung bei Vorliegen eines Verbundbetriebes mit Unterteilung in Grund- und Spitzenkraftquellen ist in den letzten Jahren Gegenstand mehrerer Untersuchungen gewesen[1]). Für die wirtschaftlich günstigste Aufteilung ist bekanntlich die Grenzbenutzungsdauer maßgebend, die sich als Schnittpunktsabszisse der Kostenkurve der Grundkraft- und Spitzenkraft-Kilowattstunde in Abhängigkeit von der Benutzungsdauer darstellt. Formelmäßig ist sie durch das Verhältnis der Differenzen der jährlichen leistungsabhängigen und der arbeitsabhängigen Kosten gegeben:

$$g_L = \frac{k_1 - k_2}{b_2 - b_1}. \qquad (1)$$

Hierin bedeuten:

- g die Grenzbenutzungsdauer in Stunden (der Index L soll auf die beabsichtigte Aufteilung der installierten Leistungen der Grund- und Spitzenkraftanlagen hinweisen),
- k die leistungsabhängigen Kosten je Kilowatt und Jahr,
- b die arbeitsabhängigen Kosten je Kilowattstunde.

Der Index 1 bezieht sich auf das Grundkraftwerk, der Index 2 auf das Spitzenkraftwerk.

In das geordnete Jahresbelastungsdiagramm übertragen, teilt die Grenzbenutzungsdauer, die hier als Betriebsdauer des Spitzenkrafteinsatzes erscheint, die gesamte Leistung in Grund- und Spitzenlast so auf, daß bei vollem Einsatz der Anlagen die wirtschaftlichste Betriebsweise, also die mit den geringsten Jahreskosten, entsteht.

Soweit es dem Verfasser bekannt ist, hat man also bisher auf die geschilderte Weise nur die günstigsten Verhältnisse für den Ausbau der Kraftwerksanlagen ermittelt.

Praktisch liegen nun die Verhältnisse so, daß die Kraftwerksleistung dem augenblicklichen Belastungsbedarf vorauseilt. Die gewählte Aufteilung der Grundkraft- und Spitzenkraftleistungen läßt die Frage nach dem günstigsten Einsatz dieser Anlagen bei einer bestimmten Belastung, die immer kleiner sein muß als die installierte Leistung, noch völlig offen.

Am deutlichsten tritt diese Frage bei örtlichen Kraftwerken auf, die im Verbundbetrieb mit einem Überlandwerk arbeiten.

Nehmen wir beispielsweise an, ein Elektrizitätswerk wolle einen Verbundbetrieb mit einem Überlandwerk in der Weise durchführen, daß es die Grundlast bezieht und die Spitzenlast selbst erzeugt. Das Werk soll für eine Leistungsfähigkeit von 1000 kW ausgebaut werden. Zunächst ist aber nur eine Höchstlast von 700 kW vorhanden. Der Verlauf der Belastung ist durch das geordnete Jahresbelastungsdiagramm (Abb. 1) gekennzeichnet.

Die Untersuchung, die hier durchzuführen ist, zerfällt in zwei Teile: Zunächst ist die wirtschaftlichste Größe der zu installierenden Leistung der Anlagen für

a Belastungsverlauf bei einer Spitze von 1000 kW
b Belastungsverlauf bei einer Spitze von 700 kW

Abb. 1. Geordnetes Jahresbelastungsdiagramm.

den Bezug und die Erzeugung zu bestimmen. Sodann ist zu prüfen, wie die beiden Stromquellen bei noch nicht voll belastetem Werk am wirtschaftlichsten einzusetzen sind.

Die leistungsabhängigen Kosten der Grundkraftanlage k_1 setzen sich im vorliegenden Fall aus zwei Teilen zusammen. Es bezeichnet

- k_{1_A} die leistungsabhängigen Kosten der Umspannanlage,
- k_{1_B} die leistungsabhängigen Kosten des Fremdstrombezugs,

wobei also

$$k_1 = k_{1_A} + k_{1_B}; \qquad (2)$$

die Gl. (1) geht dann über in

$$g_L = \frac{(k_{1_A} + k_{1_B}) - k_2}{b_2 - b_1}. \qquad (3)$$

Die Transformatorenstation möge 45 RM/kVA, also etwa 50 RM/kW kosten. Bei einer mittleren Lebensdauer von 30 Jahren und einem Zins von 5 % beträgt die Annuität 6,5 %. Rechnen wir ferner für Unterhaltung 2 %, für Versicherung ½ %, so ergeben sich Jahreskosten von insgesamt 9 % des Anlagekapitals, also 50 RM/kW × 0,09 = 4,50 RM/kW und Jahr. Das Überlandwerk möge das Kilowatt Jahreshöchstlast mit 60 RM und die Kilowattstunde mit 4 Rpf in Rechnung stellen, beides auf der Niederspannungsseite gemessen. Das installierte Dieselkilowatt koste 250 RM. Bei gleicher Lebensdauer wie bei der Anschlußanlage, die wegen des kurzzeitigen Einsatzes der Spitzenkraftanlage berechtigt erscheint, ergeben sich

[1]) E. Krohne, Die wirtschaftliche Erzeugung der elektrischen Spitzenkraft in Großstädten unter besonderer Berücksichtigung der Fortleitungskosten, Berlin 1929; W. Weingärtner, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 48 (1930) S. 843 und 49 (1931) S. 546; L. Musil, ETZ 52 (1931) S. 406 und 667.

hier gleichfalls Jahreskosten in Höhe von 9 % des Anlagekapitals, also von 22,50 RM/kW; die Kosten der Dieselkilowattstunde mögen sich auf 0,07 RM einschließlich Schmieröl, Putzmittel und Kühlwasser belaufen. Es ist also

$$k_{1_I} = 4{,}50\ \text{RM/kW},\ k_{1_{II}} = 60{,}\text{—}\ \text{RM/kW},\ k_2 = 22{,}50\ \text{RM/kW},$$
$$b_1 = 0{,}04\ \text{RM/kWh},\ b_2 = 0{,}07\ \text{RM/kWh}.$$

Die Grenzbenutzungsdauer zur Bestimmung der wirtschaftlich günstigsten Aufteilung der installierten Leistungen ergibt sich dann zu

$$g_L = \frac{64{,}50 - 22{,}50}{0{,}07 - 0{,}04} = 1400\ \text{Std.} \tag{4}$$

Aus dem geordneten Jahresbelastungsdiagramm (Abb. 1) ergibt sich ein Ausbau der Bezugseinrichtungen von 575 kW und der Eigenerzeugung von 425 kW; die Verhältniszahl beträgt also etwa 1⅓. Bei einem Leistungsfaktor zur Spitzenzeit von 0,9 müßte also ein 640 kVA-Transformator aufgestellt werden. Demgemäß wäre das Werk an sich in der Lage, bei der augenblicklichen Höchstlast von 700 kW einen erheblichen Teil seines gesamten Strombedarfs durch Bezug vom Überlandwerk durch vollen Einsatz des Transformators zu decken. Dazu wird es aber naturgemäß aus wirtschaftlichen Erwägungen nicht übergehen, da der erhebliche Anteil des Leistungspreises in den oberen Belastungszonen bei dem geringen Arbeitsbedarf die Gesamtkosten dieser Belastungszone zu ungünstig beeinflussen würde. Ebensowenig wird das Werk auf der anderen Seite die Dieselanlage mit Rücksicht auf die hohen arbeitsabhängigen Kosten nicht in Belastungszonen mit größeren Betriebszeiten arbeiten lassen.

Bei der Bestimmung des wirtschaftlich günstigsten Einsatzes der beiden Kraftquellen muß man von der Überlegung ausgehen, daß die jährlichen Aufwendungen für den Kapitaldienst, auch für die Unterhaltung der beiden Anlagen von den hier in Frage kommenden Änderungen des Einsatzes praktisch nicht beeinflußt werden. Diese Kosten sind daher für die Bestimmung des Einsatzes der Anlagen ohne Bedeutung, sie stellen aber für die Jahreskosten eine unvermeidliche Vorbelastung dar, derart, daß die Gesamtkosten bei einem nicht voll belasteten Werk naturgemäß höher sind als bei einem voll belasteten.

Als einzige leistungsabhängige Größe, über deren absolute jährliche Höhe wir noch bestimmen können, ist daher nur der Grundpreis des Fremdstrombezuges von Bedeutung. Der Einsatz der Anlage bestimmt sich daher nach der Grenzbenutzungsdauer g_s, wobei der Index s auf die zu ermittelnde Aufteilung der Belastung hinweisen soll. Die Gleichung enthält nach unseren Überlegungen im Zähler nur noch die leistungsabhängigen Kosten des Fremdstrombezugs:

$$g_s = \frac{k_{1_{II}}}{b_2 - b_1}. \tag{5}$$

Die Gl. (5) ergibt sich — wie auch die Gl. (1) — durch die Gleichsetzung der Summe — soweit beide Summanden vorhanden — der leistungs- und arbeitsabhängigen Kosten des obersten Grundkraft- und des untersten Spitzenkraft-Kilowatts im Grenzbereich, in dem die Betriebsdauer durch die Grenzbenutzungsdauer gegeben ist. Diese Beziehung wird dann nach g_s bzw. g_L aufgelöst.

In unserem Zahlenbeispiel ergeben sich dann folgende Werte:

$$g_s = \frac{60}{0{,}07 - 0{,}04} = 2000\ \text{Std.} \tag{6}$$

Der größeren Grenzbenutzungsdauer entspricht ein verhältnismäßig größerer Spitzenabschnitt oder, mit anderen Worten, es wird zunächst das eigene Spitzenwerk verhältnismäßig stärker eingesetzt, als es der Aufteilung der installierten Leistungen entspricht. Der Spitzeneinsatz findet u. U. seine obere Grenze naturgemäß in der Leistungsfähigkeit des Spitzenwerks, die die Gl. (5) bzw. (6) nicht berücksichtigen können.

Bei einer Spitze von 700 kW werden nach der Ermittlung aus dem geordneten Jahresbelastungsdiagramm (Abb. 1) zunächst nur 350 kW bezogen. Der Rest von gleichfalls 350 kW wird von der Dieselmaschine abgefahren. Das Verhältnis des Einsatzes der Leistungen des Fremdstromes und der Eigenanlagen beträgt also hier 1, es ist also um 25 % niedriger als das für die Bemessung der installierten Leistungen errechnete.

Diese Überlegungen gelten grundsätzlich für alle Betriebsformen auf der Grundlage eines Verbundbetriebes (Eigenerzeugung und Fremdstrombezug), bei dem die Aufteilung der beiden Stromquellen nach Belastungszonen (Grund- und Spitzenlast) vorgesehen ist. Dabei ist es ohne Bedeutung, welcher Art und Größe die eigenen Stromerzeugungsanlagen sind.

Grundsätzlich anders gestaltet sich der Einsatz der Grundkraft- und Spitzenkraftquelle, wenn sich beide Werke in derselben Hand befinden. Hier tritt mit der Änderung des Einsatzes der Grundkraft- und Spitzenkraftanlagen im ganzen gesehen im allgemeinen keine Verteuerung der Bereithaltungskosten bei der einen oder anderen Anlage ein. Die den Einsatz bestimmende Grenzbenutzungsdauer würde daher den Wert Null annehmen, wodurch die Forderung zum Ausdruck kommt, daß das Grundkraftwerk zunächst bis zu seiner vollen Leistungsfähigkeit eingesetzt werden muß, ehe das Spitzenwerk Last übernimmt. Das setzt naturgemäß voraus, daß das Spitzenwerk eine selbständige Anlage darstellt und nicht als Speicherwerk dem Grundkraftwerk seine Arbeitsfähigkeit verdankt, die dieses in belastungsschwachen Zeiten mit geringen zusätzlichen Erzeugungskosten liefern kann.

Zusammenfassung.

Neben der bisher gebräuchlichen Grenzbenutzungsdauer, die die wirtschaftlich günstigste Aufteilung der installierten Leistung der Grund- und Spitzenkraft gestattet, kann noch eine andere Grenzbenutzungsdauer errechnet werden, die den wirtschaftlichsten Einsatz der nicht voll ausgenutzten Anlagen bestimmt.

DK 621.311.153.003.1(43-2)

Marktanalytische Untersuchungen über den Energieverbrauch in einer deutschen Kleinstadt. [Nach C. Th. Kromer, Elektrizitätswirtsch. 38 (1939) S. 13; 6 S., 5 Abb.]

Um die verschiedenen Fragen einer Marktanalyse in der Elektrizitätsversorgung an einem praktischen Beispiel genau zu untersuchen und, wenn es möglich sein sollte, Richtlinien für die Weiterverfolgung dieser Fragen aufzustellen, hat die Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung angeregt, einmal in einer kleineren Stadt Deutschlands den Versuch einer solchen Marktforschung zu machen; es wurde eine süddeutsche Kleinstadt gewählt.

Mit der eigentlichen Bearbeitung der Aufgabe wurde das Institut für Konjunkturforschung beauftragt. Dabei sollten alle Abnehmer, d. h. die elektrizitäts- und gasverbrauchenden Abnehmer und diejenigen, die keine dieser Energiearten verwandten, erfaßt werden.

In der untersuchten Stadt wurden für die marktanalytische Untersuchung 3761 Haushaltungen erfaßt, die sämtlich mit elektrischer Energie versorgt werden. Mit Elektrizität und Gas werden 2828 Haushaltungen beliefert. Neben diesen Haushaltungen wurden noch 700 Gewerbebetriebe und 54 landwirtschaftliche Betriebe marktanalytisch untersucht.

Über die berufliche Gliederung der Abnehmer gibt Zahlentafel 1 eine Übersicht; aus Zahlentafel 2 ist die Einkommensschichtung zu erkennen. Die am häufigsten vorkommende Wohnungsgröße hat 4 Wohnräume (3-Zimmerwohnung mit Küche) und die häufigste Haushaltsgrößenklasse zählt 3 Personen.

Zahlentafel 1. Berufliche Gliederung der Abnehmer.

Berufsgruppen	Zahl der Fälle	
	Anzahl	%
Arbeiter	1 602	42,60
Angestellte	518	13,77
Beamte	462	12,28
Selbst. Gewerbe (Handwerk u. kl. Betriebe)	319	8,48
Handel	166	4,41
Verkehr und Gaststätten	21	0,56
Freie Berufe	54	1,44
Rentner	252	6,70
Berufslose	316	8,40
Landwirtschaft	51	1,36
	3 761	100,00

Zahlentafel 2. Einkommensschichtung.

Einkommensgruppen	Einkommen der Haushaltungsvorstände		Einkommen der Haushaltung	
	Zahl der Fälle		Zahl der Fälle	
	Anzahl	%	Anzahl	%
bis 1 500 RM	142	6,74	41	1,87
über 1 500 bis 1 800 RM	89	4,22	47	2,15
„ 1 800 „ 2 100 „	201	9,53	114	5,22
„ 2 100 „ 2 400 „	435	20,64	303	13,87
„ 2 400 „ 3 000 „	794	37,67	663	30,34
„ 3 000 „ 3 600 „	165	7,83	319	14,60
„ 3 600 „ 4 800 „	138	6,55	341	15,61
„ 4 800 „ 6 000 „	70	3,32	197	9,02
„ 6 000 „ 7 200 „	18	0,85	73	3,34
„ 7 200 RM	56	2,65	87	3,98
	2108	100,00	2185	100,00

Der mittlere Lichtanschlußwert aller an das Elektrizitätswerk angeschlossenen Haushaltungen beträgt 247 W je Wohnung. Der mittlere Anschlußwert der elektrischen Geräte je Haushalt beläuft sich auf 512 W. Der mittlere Stromverbrauch je Haushalt beträgt im Berichtsjahre 95 kWh. Über den Stromverbrauch und die Anschlußwerte in Abhängigkeit von der Wohnungsgröße gibt Abb. 1 einen Überblick. Die Gesamtanschlußwerte und der Stromverbrauch in Abhängigkeit vom Einkommen des Haushaltungsvorstandes sind aus Abb. 2 ersichtlich.

Abb. 1. Anschlußwerte und Stromverbrauch in Abhängigkeit von der Wohnungsgröße.

Für den Haushaltabnehmer gab es zurzeit der Erhebungen einen Zählertarif mit 40 Rpf/kWh zuzüglich Verrechnungspreis und einen Regelverbrauchstarif mit 40/20 Rpf/kWh zuzüglich Verrechnungspreis. Fast die Hälfte der Haushaltabnehmer bezieht Strom nach dem Regelverbrauchtarif. Für vollelektrische Haushaltungen gab es außerdem einen Regelverbrauchstarif mit 40/20/8 Rpf/kWh, von dem aber aus besonderen Gründen nur in einigen wenigen Fällen Gebrauch gemacht wurde. Im Jahre 1937 wurden je Haushalt im Mittel etwa 37,— RM für elektrische Energie ausgegeben, das sind bei einem mittleren Einkommen je Haushaltungsvorstand von RM 2800,— bzw. je Haushaltung von RM 3500,— rd. 1,35 bzw. 1,06 %.

Abb. 2. Gesamtanschlußwerte und Stromverbrauch in Abhängigkeit vom Einkommen des Haushaltungsvorstandes.

Gas wird in den Haushaltungen nur zu Wärmezwecken verwendet. Von allen Abnehmern des in einer Hand liegenden Gas- und Elektrizitätswerks, die elektrische Energie beziehen, sind 75 % zugleich Gasabnehmer. Von den Gasgeräten ist am meisten der Gaskocher verbreitet. Der Gasverbrauch je Haushalt liegt im Mittel bei 141,6 m³ im Berichtsjahr.

Der Tarif für Gas in Haushaltungen ist ein Regelverbrauchstarif mit 21/14/11 Rpf/m³, zuzüglich Zählergebühr. Für Raumheizung und Großgasküchen wird ein Sondertarif gewährt. Die mittleren Aufwendungen für Gas betragen im Berichtsjahr RM 35,50 je gasverbrauchendem Haushalt; das ist etwa der gleiche Betrag, wie für Elektrizität ausgegeben wird.

Neben Elektrizität und Gas werden Kohle und Holz in den Haushaltungen als Brennstoff verwendet. 97 % der Haushaltungen haben Kohlenherde oder kombinierte Kohle-Gasherde. Die Zahl der mit Kohle beheizten Badeöfen ist größer als die der Gasbadeöfen.

Bei den durch die statistischen Erhebungen erfaßten 700 Gewerbebetrieben handelt es sich überwiegend um kleine Betriebe des Handwerks, Handels, Verkehrs- und Gaststättenwesens. Die mittlere Beschäftigtenzahl für alle Betriebe beträgt 4 Personen je Betrieb. Hinsichtlich des Anschlußwertes entfallen je Betrieb an Licht 656 W und an Kraft sowie Elektrogeräten 2935 W. Umgerechnet auf die Zahl der Beschäftigten ergibt das für Licht 165 W und für Kraft 737 W je Beschäftigten.

Der Bedarf an Elektrizität bei dem einzelnen Betrieb ist sehr verschieden, je nach der Gewerbeart. Eine genaue Analyse des Elektrizitätsbedarfes, in der alle Zusammenhänge berücksichtigt werden konnten, war im vorliegenden Rahmen nicht möglich. Das rührt daher, daß bei der gegebenen Anzahl von Untersuchungsfällen stets nur eine beschränkte Zahl gleichartiger Betriebe vorhanden war.

Von den insgesamt vorgenommenen Erhebungen über gewerbliche Betriebe geben die Angaben in Zahlentafel 3 einen auszugsweisen Überblick.

Erhebungen über den gewerblichen Gasverbrauch in 51 Betrieben ergaben einen mittleren Verbrauch von 617 m³ im Jahr. Über Kohlenverbrauch und andere in dem Fragebogen für das Gewerbe noch aufgestellten Erhebungsgrößen konnten nur un-

Zahlentafel 3. Mittlere Anschlußwerte und Stromverbrauch in Gewerbebetrieben.

Gewerbebetrieb	Anzahl der untersuchten Betriebe	Mittlere Anschlußwerte in W				Mittlerer Stromverbrauch in kWh			
		Licht		Kraft		Licht		Kraft	
		je Betrieb	je Beschäftigten	je Betrieb	je Beschäftigten	je Betrieb	je Beschäftigten	je Betrieb	je Beschäftigten
Metallverarbeitung	24	1100	103			280	20		
	21			15 900	1 333			6 860	553
Bau- und Möbelschreinerei	15	685	166			70	15		
	15			7 700	1 780			920	212
Metzgerei	19	595	147			495	86		
	19			6 270	1 548			860	220

vollständige Angaben erhalten werden, da die Mehrzahl der Betriebe hierzu über genaue Aufzeichnungen nicht verfügten.

Die mittlere Größe der von den landwirtschaftlichen Abnehmern bewirtschafteten Fläche beträgt 7 ha. Von den untersuchten 54 landwirtschaftlichen Betrieben waren 45 Betriebe mit Elektromotoren ausgerüstet. Der mittlere Lichtanschlußwert betrug 107 W, der mittlere Jahresverbrauch 91 kWh. Der Kraftanschlußwert war im Mittel 2124 W, der Jahresverbrauch 128 kWh.

Gasanschluß war bei 32 landwirtschaftlichen Betrieben vorhanden mit einem mittleren Verbrauch von 58 m³ im Jahr, im wesentlichen für Kochzwecke.

Die praktische Auswertung der Marktforschung wird einmal die sein, daß man eine brauchbare Unterlage für eine planmäßig aufzubauende Werbung bekommt, außerdem aber kann man aus den Zahlen des Stromverbrauchs und des Anschlußwertes und der daran zu knüpfenden Forderungen für die Entwicklung in den kommenden Jahren sehr wertvolle Hinweise für die weitere Ausgestaltung der Stromversorgung erhalten. *eb.*

STATISTISCHE MITTEILUNGEN

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Irischer Freistaat — Elektro-Einfuhr 1937. — Die Einfuhr Irlands betrug 1937 16,4 Mill RM gegenüber 14,2 Mill RM 1936 und 13 Mill RM 1935 (Zahlentafel 1). Wichtigste Warengruppen waren außer der Sammelposition der nicht besonders benannten Apparate die Gruppen Maschinen, Telegraphie und Telephonie ohne und mit Draht, auf die zusammen über 45% der gesamten Elektroeinfuhr fallen. Genannt seien als große Gruppen außerdem Kabel und Draht und Beleuchtungszubehör mit zusammen ungefähr 14% Anteil an der Einfuhr der dargestellten Jahre. Deutschland war an der Einfuhr Irlands in den letzten Jahren mit 18% und mehr beteiligt und steht nach dem naturgemäß wichtigsten Lieferland Großbritannien, das über 55% der Einfuhr bestreitet, an zweiter Stelle (Zahlentafel 2).

Zahlentafel 1. Irischer Freistaat. Elektroeinfuhr 1935 bis 1937 nach Warengruppen.

Warengruppen	1935	1936	1937	Anteil a. d. Gesamt-Elektroeinfuhr		
				1935	1936	1937
	1000RM	1000RM	1000RM	%	%	%
Generatoren, Motoren u. a. elektr. Maschinen	3 001	3 281	3 351	23,0	23,2	20,5
Akkumulatoren und Teile	150	175	248	1,2	1,2	1,5
Trockenbatterien und Teile	387	265	285	3,0	1,9	1,8
Kabel und isolierte Drähte	1 037	1 219	1 207	7,9	8,5	7,4
Telegraphie und Telephonie mit Draht	428	567	1 252	3,3	4,0	7.6
Drahtlose Telegraphie und Telephonie	2 809	3 012	3 039	21,5	21,3	18,6
Glühlampen, Leuchtröhren	861	618	303	6,6	4,4	1,8
Beleuchtungsvorrichtungen Zubehör und Teile	962	1 011	1 022	7,4	7,1	6,2
Staubsauger	191	260	429	1,5	1,8	2,6
sonstige Apparate und Vorrichtungen f. d. Elektrotechnik	3 199	3 761	5 272	24,6	26,6	32,0
insgesamt	**13 025**	**14 169**	**16 408**	**100**	**100**	**100**

Zahlentafel 2. Irischer Freistaat. Elektro-Einfuhr 1935 bis 1937 nach Herkunftsländern.

Herkunftsländer[1])	1935	1936	1937	Anteil a. d. Gesamt-Elektroeinfuhr		
				1935	1936	1937
	1000RM	1000RM	1000RM	%	%	%
Großbritannien	7 756	7 790	9 230	59,5	55,0	56.3
Deutschland	2 425	3 129	2 969	18,6	22,1	18,1
V. S. Amerika	715	863	1 240	5,5	6,1	7,5
Schweden	521	461	920	4,0	3,2	5,6
Niederlande	396	382	587	3,0	2,7	3,6
Kanada	523	509	412	4,0	3,6	2,5
Belgien-Luxemburg	167	230	288	1,3	1,6	1,8
Dänemark	98	80	128	0,8	0,6	0,8
Schweiz	50	158	122	0,4	1,1	0,7
Japan	87	141	85	0,7	1,0	0,5
sonstige Gebiete	287	426	427	2,2	3,0	2,6
insgesamt	**13 025**	**14 169**	**16 408**	**100**	**100**	**100**

[1]) Geordnet nach der Größe der Einfuhr 1937.

Britisch-Malaya — Elektro-Einfuhr 1938. — Die Elektro-Einfuhr von Brit.-Malaya betrug 1938 12,4 Mill RM. Gegenüber 1937 ist eine Zunahme von 0,4 Mill RM oder 3%, gegenüber 1936 eine Steigerung von 4 Mill RM oder 46% eingetreten. Die Mehrzahl der Warengruppen (Zahlentafel 1) hat das Ergebnis von 1936 erheblich überschritten, wohingegen infolge der großen Zunahme von 1936 auf 1937 im Jahre 1938 das Vorjahrsergebnis in vielen Fällen nur wenig überschritten, z. T. auch nicht erreicht worden ist. Besonders günstig hat sich die Gesamt-Maschinen-Einfuhr entwickelt, auf die 1936 20%, 1938 27% der gesamten Einfuhr fallen. Ebenso ist der Anteil der Kabel- und Draht-Einfuhr am Gesamt infolge der gesteigerten Einfuhr von 16,4% 1936 auf 18,1% 1938 angewachsen. Zurückgegangen ist dagegen nach einer erheblichen Zunahme von 1936 auf 1937 u. a. die Einfuhr von Taschenlampen und Taschenlampenbatterien, Glühlampen und Vorrichtungen für drahtlose Telegraphie und Telephonie. Unter den Herkunftsländern (Zahlentafel 2) steht naturgemäß Großbritannien mit 1936 und 1937 62%, 1938 sogar 72% an erster Stelle, gefolgt von den V. S. Amerika, die 1937 18% und 1938 13% der Einfuhr lieferten. Großdeutschland war in den beiden letzten Jahren mit 3,7 bzw. 3,6% an der Belieferung Brit.-Malayas mit elektrotechnischen Erzeugnissen beteiligt.

Zahlentafel 1. Britisch-Malaya: Elektro-Einfuhr 1936 bis 1938 nach Warengruppen.

Warengruppen	1936	1937	1938	Anteil a. d. Gesamt-Elektroeinfuhr		
				1936	1937	1938
	1000RM	1000RM	1000RM	%	%	%
Generatoren	285	345	490	3,4	2.9	4.0
Motoren	449	568	414	5,3	4.8	3.4
Transformatoren, Umformer	313	396	801	3,7	3,3	6.5
Schaltanlagen, nicht bes. ben. Maschinen	678	978	1 611	8.0	8.1	13.0
zusammen Maschinen	**1 725**	**2 287**	**3 316**	**20,4**	**19,1**	**26,9**
Ventilatoren	[1]) .	342	275	.	2,9	2.2
Akkumulatoren und Batterien	289	454	400	3,4	3.8	3.2
Taschenlampenbatterien	1 048	1 210	968	12,4	10.1	7.8
Kabel und isolierte Drähte	1 389	2 247	2 230	16,4	18.9	18.1
Telegraphie und Telephonie mit Draht	288	343	505	3,4	2.9	4.1
Radio-Empfangsapparate	487	697	575	5,8	5,8	4.7
Radioröhren	51	86	65	0,6	0,7	0.5
and. Vorrichtg., Zubehör u. Teile f. d. drahtlose Telegraphie und Telephonie	270	357	241	3,2	2,9	2.0
Glühlampen	531	703	654	6,2	5,8	5.3
Taschenlampen	383	660	364	4,5	5.5	2.9
andere Lampen und Teile	47	83	112	0.6	0,7	0.9
Beleuchtungszubehör	275	327	421	3,3	2.7	3.4
elektr. Kühlschränke und Teile	[1]) .	862	622	.	7,2	5.1
nicht bes. ben. Instrumente, App. und Vorricht. f. d. Elektrotechn.	1 679	1 318	1 604	19,8	11,0	12.9
insgesamt	**8 462**	**11 976**	**12 352**	**100**	**100**	**100**

[1]) Nicht getrennt ausgewiesen; in „nicht bes. ben. App." enthalten.

Zahlentafel 2. Britisch-Malaya: Elektro-Einfuhr 1936 bis 1938 nach Herkunftsländern.

Herkunftsländer[1])	1936	1937	1938	Anteil a. d. Gesamt-Elektroeinfuhr		
				1936	1937	1938
	1000RM	1000RM	1000RM	%	%	%
Großbritannien	5 277	7 440	8 869	62,4	62.1	71.8
V. S. Amerika	1 418	2 201	1 563	16,8	18.4	12.6
Brit. Besitzg. u. Protektor.	485	760	503	5,7	6.3	4.1
Großdeutschland	212	439	445	2,5	3.7	3.6
Niederländisch-Indien	355	238	246	4.2	2.0	2.0
Niederlande	105	133	194	1,2	1.1	1.6
Tschecho-Slowakei	64	187	192	0,7	1,6	1.6
China	132	112	111	1.6	0.9	0.9
Japan	230	322	51	2,7	2.7	0.4
Belgien-Luxemburg	15	20	45	0,2	0,2	0.4
Frankreich	27	45	40	0,3	0.4	0.3
Schweden	60	47	33	0,7	0.4	0.3
sonstige Länder	82	32	60	1,0	0.2	0.4
insgesamt	**8 462**	**11 976**	**12 352**	**100**	**100**	**100**

[1]) Geordnet nach der Größe der Einfuhr 1938.

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin: 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G.m.b.H.: Berlin 223 84.

Allgemeine Einführung des metrischen Gewindes.

Zu der Anordnung des Reichswirtschaftsministers vom 21. 4. 1939, wonach für Gewinde bis einschließlich 10 mm Durchmesser jeder Art für Inlandslieferungen nur noch metrisches Gewinde nach DIN 13 und 14 verwendet werden darf[1]), wird darauf hingewiesen, daß der VDE als Normalgewinde für diesen Durchmesserbereich bereits ab 1. Januar 1925 das metrische Gewinde festgelegt hat[2]). Die Anordnung wird daher für diejenigen Hersteller, die sich bereits nach dieser Festlegung des VDE gerichtet haben, keinerlei Umstellung mit sich bringen.

Es ist in Aussicht genommen, für einige Sondergewinde grundsätzlich eine Ausnahme von der genannten Anordnung zu erwirken, wie beispielsweise insbesondere für das Edison-Gewinde E 10 nach DIN VDE 400 sowie das international festgelegte Gewinde für Unverwechselbarkeitseinsätze zu Schraubstöpselsicherungen bis 60 A nach DIN 9301, das an sich als $^{3}/_{16}$″-Gewinde unter die vorgenannte Anordnung fallen würde. Näheres hierüber wird zu gegebener Zeit bekanntgegeben.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.

Ungültige Prüfzeichengenehmigungen.

Die nachstehend angeführten Genehmigungsausweise zur Benutzung des VDE-Zeichens haben ihre Gültigkeit verloren:

1. Fa. Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin, Gen.-Nr. 833/1 für Volksempfänger VE 301 GW,
2. Fa. Dr. Dietz & Ritter G. m. b. H., Leipzig, Gen.-Nr. 163/14 für Volksempfänger VE 301 Wn,
3. Fa. Hagenuk, Hanseatische Apparatebau-Gesellschaft, Kiel, Gen.-Nr. 546/1 für Volksempfänger VE 301 GW,
4. Fa. Rundfunktechnische Erzeugergemeinschaft, Berlin, Gen.-Nr. 1239/1 für Volksempfänger VE 301 Wn,
5. Fa. Tefag-Radio, Bln.-Tempelhof, Gen.-Nr. 567/13 für Volksempfänger VE 301 Wn.

Die besondere Bekanntmachung der obenerwähnten ungültigen Genehmigungen erfolgt gemäß § 7,2 der Prüfordnung der VDE-Prüfstelle, weil die Genehmigungsausweise von den genannten Firmen nicht zurückgegeben wurden bzw. nicht zurückgegeben werden konnten.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker
Dall

[1]) Deutscher Reichsanzeiger Nr. 94 vom 25. 4. 1939; ETZ 60 (1939) S. 608.
[2]) ETZ 44 (1923) S. 577 u. 45 (1924) S. 1068.

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Ausflug zur Löcknitz.

Am Sonnabend, dem 8. Juli 1939, veranstaltet der Bezirk Berlin seinen herkömmlichen Ausflug mit Angehörigen. Nähere Einzelheiten (Dampferfahrt ab Treptower Park durch Spree, Müggelsee, Dämeritzsee, Flakensee und Löcknitz, gemeinsames Abendessen, Tanz usw.) sind aus den Mitteilungen 1939 Nr. 3 des Bezirks Berlin vom 11. 5. 1939 zu ersehen.

Karten zum Preise von RM 3.— (Mitglieder) und RM 4.— (eingeführte Gäste) sind in der Geschäftsstelle des Bezirkes zu haben.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im VDE-Haus, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
8. 6. 1939 Vortragsreihe „Fernwirkanlagen in der Starkstromtechnik": „Schaltungs- und Sicherungsmethoden", Vortragender: Dipl.-Ing. H. Zeh.

Elektrizitätswerke. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. B. J. v. d. Knesebeck VDE.
9. 6. 1939 „Über die Bedeutung von Schwachstromanlagen in Kraftwerksbetrieben", Vortragender: Dipl.-Ing. B. Kretzschmar VDE.

Elektromaschinenbau. Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.
12. 6. 1939 Vortragsreihe „Grenzen im Bau von Gleichstrommaschinen und Umformern": „Schnellaufende Maschinen", Vortragender: Ingenieur W. Preiß VDE.

Fernmeldetechnik. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. K. Wagner VDE.
13. 6. 1939 „Über das Eisenbahn-Sicherungswesen", Vortragender: Dipl.-Ing K. Thomas VDE.

Industrieanlagen. Leiter: Dr.-Ing. R. v. Meibom VDE.
14. 6. 1939 „Der elektrische Unfall des Laien im gewerblichen Betrieb" (mit Filmvorführung), Vortragender: Dipl.-Ing. M. Drenig.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
15. 6. 1939 „Angewandte Elektronenoptik".

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Ruhr-Lippe, Dortmund. 14. 6. (Mi), 20^{00}, Gaststätte „Berghoff", Rheinische Str. 2: „Praktische Betriebserfahrungen mit Kondensatoren für die Blindstrom-Kompensation" (m. Lichtb.). Dr. Guthmann.

VDE Bezirk Saar, Saarbrücken. 17. 6. (Sa), 16^{00}: Besichtigung des Werkes Villeroy & Boch, Mettlach.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Bezirksgruppe Berlin. 7. 6. (Mi), 17^{30}, T. H.: „Neue Anlagen der öffentlichen Beleuchtung in Berlin" (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. E. von der Trappen.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

G. Vincenz †. — Die Hamburgischen Electricitäts-Werke beklagen den Tod ihres früheren Vorstandsmitgliedes, Dipl.-Ing. Gustav Vincenz. Nach langer Ingenieurpraxis wurde er 1919 als Prokurist in die Electricitäts-Werke berufen und 1922 zum ordentlichen Vorstandsmitglied ernannt. In fast 20jähriger Tätigkeit hat er sein Wissen und seine Arbeitskraft den Werken gewidmet, an deren Entwicklung er maßgebenden Anteil gehabt hat. Auch bei der ehemaligen Vereinigung der Elektrizitätswerke in Berlin hat er in verschiedenen Ausschüssen tatkräftig mitgewirkt. Nur kurze Zeit, seit Mitte des vergangenen Jahres, war es ihm vergönnt, seinen wohlverdienten Ruhestand zu genießen.

Enzo Pugno Vanoni †. — Anfang April d. J. verstarb in Padua Prof. Ing. Enzo Pugno Vanoni, Ordinarius für Allgemeine Elektrotechnik an der Technischen Fakultät der Universität Padua, im Alter von 40 Jahren nach kurzer Krankheit. Die italienische Wissenschaft verliert in dem auch im Ausland bekannten Gelehrten einen gleichermaßen als Wissenschaftler, Hochschullehrer und Praktiker bewährten Fachgenossen. Enzo Pugno Vanoni, der im Jahre 1899 in Mailand geboren ist, hatte auf der Mailänder Technischen Hochschule Elektrotechnik studiert und seine Studien 1922 abgeschlossen. Er blieb auch die folgenden Jahre noch seiner Vaterstadt treu, indem er zunächst Hilfsassistent an der Technischen Hochschule wurde und gleichzeitig am Feltrini-Institut in elektrotechnischen Fächern unterrichtete. Einige Jahre später wurde Vanoni planmäßiger Assistent an der Universität Mailand. In dieser Tätigkeit wandte er sich besonders physikalischen Fragen zu und habilitierte sich mit einer solchen Arbeit im Jahre 1931. 1932 erhielt Vanoni einen Lehrauftrag für Elektrotechnik an der Universität Padua, dem im Jahre 1935 seine Ernennung zum Ordinarius und Institutsleiter folgte. In seiner Stellung als Hochschullehrer und Institutsdirektor entfaltete Prof. Vanoni eine rege und erfolgreiche Forschertätigkeit, von der zahlreiche Veröffentlichungen in den Fachzeitschriften ein beredtes Bild geben. In den Untersuchungen der letzten Jahre beschäftigten ihn vor allem Fragen der Hochspannungstechnik und der Elektromedizin. Besonders bekannt wurde sein elektrostatisches Wattmeter. Auf elektromedizinischem Gebiet nennen wir ferner wichtige Beiträge zur Erzeugung und Anwendung der Röntgenstrahlen. Prof. Vanoni hat auch in zahlreichen Kommissionen und Ausschüssen des Italienischen Elektrotechnischen Vereins, welchem er seit 1923 als tätiges Mitglied angehörte, maßgeblich mitgewirkt und hat damit wie auch durch seine Teilnahme an den internationalen radiologischen und elektrotechnischen Kongressen mit zahlreichen ausländischen, besonders auch deutschen Fachgenossen herzliche persönliche Beziehungen geknüpft.

J. Pichler. — Am 18. Mai vollendete Herr Gen.-Dir. a. D. Josef Pichler, der nahezu 30 Jahre an der Spitze der Mannheimer Wasser-, Gas- und Elektrizitätswerke stand und jetzt im Ruhestand lebt, sein 75. Lebensjahr. — Pichler wurde 1864 in Graz (Ostmark) geboren. Nach Abschluß des technischen Studiums an der Hochschule seiner Heimatstadt trat er in den Dienst der damals im Bau von Wassergewinnungsanlagen erfolgreich tätigen Firma Smreker, Berlin. 1893 bis 1898 leitete er die Städtischen Werke Rendsburg, dann bis 1904 die Städtischen Werke Baden-Baden und am 1. Nov. 1904 wurde er zur Führung der Städtischen Werke Mannheim berufen. Unter seiner Leitung wurde das Wasserwerk Käfertalerwald ausgebaut sowie ein zweites großes Wasserwerk bei Mannheim - Rheinau neu gebaut, von dem auch Heidelberg zum großen Teile mitversorgt wird. Nach dem großzügigen völligen Neubau des Mannheimer Gaswerks wurden die Gemeinden im Dreieck Mannheim — Heidelberg—Weinheim vom Mannheimer Gaswerk aus beliefert; auch über die Landesgrenze hinaus nach Viernheim liefert Mannheim Gas und Wasser. Für Pichlers Weitblick zeugt auch die Entwicklung der Stromversorgung in Mannheim. Hier wurde bekanntlich nicht das städtische Elektrizitätswerk immer wieder erweitert, sondern gemeinsam mit anderen Interessenten, noch dazu unter schwierigsten politischen und wirtschaftlichen Verhältnissen, großzügig das Großkraftwerk Mannheim errichtet.

J. Pichler.

Von der Wertschätzung Pichlers in Kreisen seiner Kollegen zeugen viele Ehrenämter, die er in den Berufsorganisationen bekleidete; die Stadtverwaltung bewertete sein Können und seine Erfolge derart, daß sie ihn erst im 70. Lebensjahre in den wohlverdienten Ruhestand treten ließ, in dem Herr Pichler jetzt in Baden-Baden lebt.

Auszeichnungen. — Die Siemens-Ring-Stiftung verleiht alljährlich Bilder von Werner von Siemens an Studierende der Elektrotechnik, die ihre Diplom-Hauptprüfung mit vorzüglichem Erfolg bestanden haben. Drei Bilder wurden in diesem Jahr verliehen, und zwar an die Herren Dipl.-Ing. Walter Kroll, Dipl.-Ing. Kurt Peschke und Dipl.-Ing. Karl Heinz Woll, sämtlich in Berlin.

Hochschulnachrichten. — Herr Dipl.-Ing. Alfred Buch in Berlin ist beauftragt worden, in der Fakultät für Maschinenwesen der T. H. Hannover die Elektrizitätswirtschaft in Vorlesungen zu vertreten.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.396.671

Antennen. Ihre Theorie und Technik. Von Dr.-Ing. Hellmut Brückmann. Bd. 5 von „Physik und Technik der Gegenwart", herausgeg. von Prof. H. Faßbender. Mit 169 Abb., 2 Taf., IV u. 339 S. im Format 150×230 mm. Verlag von S. Hirzel, Leipzig 1939. Preis geh. 20,50 RM, geb. 22 RM.

Was das Buch bringt, ergibt sich aus dem folgenden Auszug aus dem Inhalts-Verzeichnis:

I. Theorie und allgemeine Technik.

1. Physikalische Grundlagen der elektromagnetischen Strahlung. 2. Strom- und Spannungs-Verteilung. 3. Strahlungsverteilung (Feldstärkeverteilung im Fernfeld). 4. Horizontalstrahlungsmaß (Wirksame Höhe). 6. Strahlungsleistung und Strahlungswiderstand. 7. Strahlungs-Koppelung. 8. Blindwiderstand von Einzelantennen. 9. Antennen-Verluste. 10. Spannungs-Beanspruchung.

II. Technische Antennenformen.

11. Ausbreitungserscheinungen. 12. Antennen zur Nachrichten-Übermittlung innerhalb der Nahzone. 13 Nahschwundmindernde Antennen für Rundfunksender. 14. Antennen zur Nachrichtenübermittlung in die Fernzone. 15. Antennen zur Ortsbestimmung (Funkpeilung).

III. Antennenmessungen.

16. Stromverteilung. 17. Strahlungsmaß (Wirksame Höhe). 18. Strahlungsverteilung. 19. Strahlungswiderstand. 20. Scheinwiderstand. 21. Antennenleistung, Wirkungsgrad, Verlustwiderstand. 22. Eigenwellen, Resonanzwellen. 23. Wellenwiderstand, Resonanzwellen.

Das Buch ist eine sehr ausführliche Monographie in erster Linie über die Theorie der Antennen. Das ist nicht so zu verstehen, daß darin auf die praktischen Bedürfnisse keine Rücksicht genommen wäre. Den Bedürfnissen der Praxis ist bis zu einem gewissen Grade schon dadurch entsprochen, daß für die Wahl der Fragen, die theoretisch untersucht werden, praktische Gesichtspunkte maßgebend waren. Außerdem ist in den letzten Kapiteln gerade der Praxis, insbesondere ausgeführten und im Betrieb befindlichen Antennen-Anordnungen, ein breiter Raum eingeräumt.

Antennenfragen gehören zweifellos zu dem schwierigsten Teil der Funktechnik. Hier genügt es ja nicht, wie bei einem geschlossenen Schwingungskreis, die Vorgänge im Draht oder in der unmittelbaren Umgebung desselben zu betrachten. Es ist unbedingt nötig, die von der Antenne in den Raum ausgesandten Wellen d. h. die Strahlungs-Eigenschaften derselben, in die Behandlung einzubeziehen. Zur befriedigenden Darstellung dieser Fragen sind aber weit ausgedehntere mathematische Hilfsmittel erforderlich als auf manchen anderen Gebieten der Hochfrequenztechnik. Sie sind auch im vorliegenden Buch so weit als nötig war verwendet, und infolge davon sind die in Betracht kommenden Teile nur für den wirklich verständlich, dem die theoretische Elektrizitätslehre geläufig ist. Aber auch diejenigen, bei denen das nicht zutrifft, können das Buch mit Nutzen zu Rate ziehen, da die Ergebnisse der Rechnungen meist durch Kurven dargestellt und deshalb auch für diejenigen verwendbar sind, die ihrer Ableitung nicht folgen können.

J. Zenneck VDE

DK 621.357.1

L'électrochimie et l'électrométallurgie. Von Prof. A. Levasseur. Bd. 1: Electrolyse. 4. Aufl. Mit 42 Abb., V u. 210 S. im Format 165×255 mm. Verlag Dunod, Paris 1939. Preis geh. 52 frs, geb. 72 frs.

Der 1. Teil „Electrolyse" behandelt die theoretischen Grundlagen (Thermodynamik, Ionentheorie, Faradaysches Ge-

setz. Leitfähigkeit, Nernstsche Gleichung, Polarisation u. a.); der II. Teil geht etwas auf die Praxis ein (Erörterungen über die Wahl der Elektrodenstoffe, Nebenreaktionen, Vorgänge an der Anode und an der Kathode, Stromausbeute, Wechselstromelektrolyse, Bestimmung von p_H). Als Anwendungen werden die Alkalichloridelektrolyse, die Kupferraffination und die Galvanotechnik in großen Zügen gekennzeichnet. Im Anhang wird die Ozongewinnung durch stille Entladung geschildert. Das Buch ist ein echt französisches, gut gegliedertes Lehrbuch mit vielen Rechnungen und wenigen technischen Einzelheiten. Im Abschnitt über elektrolytische Niederschläge wird mehr auf die Praxis eingegangen. K. Arndt VDE.

DK 517.2/.3

Differential- und Integralrechnung unter bes. Berücks. neuerer Ergebnisse. Von Prof. Dr. phil. O. Haupt unter Mitarbeit von Prof. Dr. phil. G. Aumann. (Göschens Lehrbücherei Bd. 24—26) Bd. 1: Einführung in die reelle Analysis. Mit 2 Abb. u. 196 S. Preis geb. 11,20 RM. — Bd. 2: Differentialrechnung. Mit 1 Abb. u. 168 S. Preis geb. 9,80 RM. — Bd. 3: Integralrechnung. Mit 183 S. Preis 10,60 RM. Format 160 × 235 mm. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1938.

Dieses dreibändige Unterrichtswerk hat einen ganz klaren Standpunkt: es will den Fachmathematiker in die heutige Auffassung einer mengentheoretisch gegründeten Lehre der reellen Funktionen einführen. Es ist also kein Lehrbuch des üblichen Stils, das Durchschnittsstudenten zur Einführung in die Differential- und Integralrechnung dienen könnte, auch nicht Universitätsstudenten. Der Schwerpunkt des Werkes liegt im dritten Band, wo zunächst eine allgemeine Maßtheorie entwickelt wird und darauf aufgebaut eine allgemeine Integrationstheorie, die natürlich auch das Riemannsche Integral umfaßt, aber nicht dazu da ist, dem Anfänger diesen ihm anfangs noch recht schwierigen Begriff leichter zu machen. Gewiß findet der Leser am Schlusse die Gaußschen und Stokesschen Sätze, aber gleich für Mannigfaltigkeiten k-ter Dimension in einem n-dimensionalen Raum. Die beiden ersten Bände dienen zur Vorbereitung, der erste spricht von Zahlenmengen, Zahlenfolgen und allgemeinsten Funktionen beliebig vieler Veränderlicher, der zweite behandelt die Differentiation namentlich auch von Funktionen mehrerer Veränderlicher vom allgemeinsten Standpunkt aus. Dabei ist vielleicht besonders eine sehr sorgfältige Analyse des Krümmungsbegriffes der Kurven hervorzuheben, wie überhaupt sorgfältige Begriffsanalyse ein besonderes Merkmal des Werkes ist. Der abstrakte Charakter kommt schon in der geringen Anzahl von im ganzen drei Abbildungen zum Ausdruck, doch soll gerne anerkannt werden, daß die Darstellungsweise klar ist und pädagogische Rücksichten nimmt. Das Werk ist also sicher geeignet, den wissenschaftlichen Nachwuchs in der reinen Mathematik heranbilden zu helfen.

Georg Hamel VDE.

DK 517.2

Gewöhnliche Differentialgleichungen. Von Prof. Dr. G. Hoheisel. 3. Aufl. (Sammlung Göschen Nr. 920). Mit 126 S. im Format 110 × 160 mm. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1938, Preis geb. 1,62 RM.

Daß dieses kleine Buch in dritter Auflage erscheint, zeigt, daß es sich seinen festen Leserkreis erworben hat. Es ist auch nach seiner glücklichen Stoffauswahl das Buch, das für den Studenten zur Begleitung einer Vorlesung über Differentialgleichungen wohl geeignet ist. Es behandelt in drei Kapiteln die gewöhnlichen Differentialgleichungen erster Ordnung, dann die zweiter Ordnung unter besonderer Betonung der linearen und drittens die Randwertaufgaben der gewöhnlichen Differentialgleichungen. Das Buch geht überall so weit, daß gerade die wichtigen Grundtatsachen genau und ausführlich genug dargestellt und an zahlreichen Beispielen erläutert werden. Die Darstellung ist gut und lesbar. Vielleicht ist sie etwas einseitig analytisch. Es fehlt jedes Bild, es wäre erwünscht, wenn die Fassung der Sätze etwas geometrischer wäre; der Vertreter der angewandten Mathematik wird die Anwendungen und noch mehr die zeichnerischen und sonstigen Näherungsverfahren vermissen. Es wäre gut, wenn von diesen Dingen etwas in die nächste Auflage hineinkäme, denn auch der künftige Lehrer, also auch der Universitätsstudent, soll die Mathematik nicht nur vom arithmetischen Standpunkt aus kennen lernen, sondern die Theorie gleichzeitig mit der Exekutive. Für den Ingenieurstudenten ist das ja heute selbstverständlich.

Georg Hamel VDE.

DK 51

Lehrbuch der Mathematik. Zum Selbstunterricht und für Studierende der Naturwissenschaften und der Technik. Eine Einführung in die Differential- und Integralrechnung und die analytische Geometrie. Von Dr. Dr.-Ing. G. Scheffers. 7. Aufl. Mit 438 Abb., VIII u. 743 S. im Format 160 × 240 mm. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1938. Preis geb. 15 RM.

Das Buch beabsichtigt, in die Mathematik einzuführen. Dies ist schon äußerlich an der Breite der Darstellung zu erkennen und viel mehr noch an den sehr zahlreichen aus allen Gebieten der Technik und Naturwissenschaft entlehnten Aufgaben zu ersehen. Das behandelte Gebiet umfaßt die Theorie der elementaren Gleichungen, die analytische Geometrie und die Infinitesimalrechnung. Der Verfasser hat bewußt einige Gebiete fortgelassen, weil das Buch hauptsächlich für einen technischen Leserkreis gedacht ist. Zu bedauern ist das Fehlen der Vektorrechnung. Wenn es auch hierzu viele geeignete Darstellungen einfacher Art gibt, so würde man doch gerne sehen, daß man in seinem Mathematikbuch, in dem sonst alles technisch Wichtige enthalten ist, auch dieses Gebiet finden kann. Dieser Hinweis soll eine Anregung für etwaige Neuauflagen sein. E. Hameister VDE.

DK 546(021)

Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie. 8. Aufl. Herausg.: Deutsche Chemische Gesellschaft. System-Nr. 22: Kalium. Lfg. 6: Schluß der Verbindungen. Preis kart. 29 RM. — Lfg. 7: Technische Darstellung der Kalisalze. Preis kart. 22 RM. — System-Nr. 25: Caesium mit einem Anhang über Ekacaesium. Lieferung 2: Verbindungen des Caesiums, Ekacaesium. Preis kart. 29 RM. — System-Nr. 27: Magnesium. Teil B. Lieferung 3: Verbindungen bis Magnesium und Wismut. Preis kart. 16 RM. — System-Nr. 59: Eisen, Teil F II, Lieferung 1. Preis kart. 26 RM. — System-Nr. 64: Rhodium. Preis kart. 27 RM. — System-Nr. 66: Osmium, mit einem Anhang über Ekaosmium. Preis kart. 19 RM. Format 180 × 260 mm, Verlag Chemie G. m. b. H., Berlin 1938.

S.-Nr. 22, Kalium, Lfg. 6

behandelt unter Schrifttumberücksichtigung bis Sept. 1938 die Systeme „Kalium und Lithium" und „Kalium und Natrium", d. h. neben den betreffenden Metallegierungen vorwiegend alle, das Kationenpaar enthaltenden Verbindungen und besonders die aus K- u. Li- und aus K- u. Na-Verbindungen sich aufbauenden Gleichgewichtssysteme. Unter den eigentlichen K-Na-Salzen wird dem Na-K-d-Tartrat (dem Seignettesalz) hinsichtlich seiner bemerkenswerten physikalischen Eigenschaften, insbesondere seiner dielektrischen und piezoelektrischen Charakteristik ein entsprechend breiterer Raum vergönnt.

Lfg. 7

berichtet, nachdem mit Heft 6 die einzelnen Verbindungen des Kaliums zum Abschluß gekommen sind, auf breiterer Grundlage zusammenfassend über die technische Darstellung der Kalisalze. Nach einem historischen und einem wirtschaftsstatistischen Überblick wird die — vorwiegende — technische Gewinnung von KCl und K_2SO_4 aus natürlichen Rohsalzen (Salzlager) und aus natürlichen Laugen, sowie die — an Bedeutung untergeordnete — aus natürlichen und künstlichen K-Al-Silikaten und aus organischen Rohstoffen behandelt. Diese Lieferung ausgesprochen technologischen Inhalts erscheint nicht allein als Bestand- und Ergänzungsteil des Gmelin-Handbuches bedeutungsvoll, sie darf sich gleichzeitig als selbständige Monographie, als neuzeitlichste Einzeldarstellung der Kaliindustrie in die chemisch-technische Buchliteratur einreihen.

S.-Nr. 25, Caesium, mit einem Anhang über Ekacaesium

Lfg. 2.

Diese 2., den Caesiumband abschließende Lieferung umfaßt alle Verbindungen des Metalles in der im Handbuch gepflogenen Aufeinanderfolge. Besonderes Interesse erweckt der Anhang Ekacaesium: hier werden in denkbar kritischer Abwägung alle bisherigen, größtenteils negativ verlaufenen Bemühungen um das Element 87 zusammengetragen, aus denen der Bearbeiter den Schluß zieht, daß nach dem derzeitigen Stand der Forschung (d. h. Ende 1937) „Ekacaesium" überhaupt nicht oder nur in außerordentlich kleinen Mengen existiert, wennschon sich die Eigenschaften des Elementes aus denen der Nachbarelemente im periodischen System zu gewissem Grade durch Extra- oder Interpolation voraussagen lassen.

S.-Nr. 27, Magnesium, Teil B, Lfg. 3.

Die Lieferung behandelt in Fortsetzung des Unterabschnitts „Magnesium und Kohlenstoff" weitere Mg-Salze organischer Säuren, sodann auf breiterem Raum die Magnesiumsilikate und weiter die Gruppen der Verbindungen des Magnesiums mit Phosphor, Arsen, Antimon und Wismut.

S.-Nr. 59, Eisen, Teil F II, Lfg. 1.

Laut Vorbemerkung des Herausgebers soll mit dem Teil F der schier zu einem umfänglichen Sonderwerk sich auswachsenden Systemnummer Eisen, der den Nachweis und die Bestimmung von Fremdelementen in Eisen und Stahl zum Gegenstand hat, für den wissenschaftlichen, vor allem aber auch für den praktischen Analytiker eine kritisch gehaltene Monographie dieses Gebietes geschaffen werden, die gleichzeitig die Funktionen eines praktischen Laboratoriumsbuches erfüllt. Während sich der Unterteil F I auf die nichtmetallischen Begleitelemente in Eisen und Stahl einschließlich Mn, As, Sb und Bi erstreckt, fallen unter F II Nachweis und Bestimmung vor allem der eigentlichen Legierungselemente, ferner Sonderverfahren und vereinbarte Normen für Bestimmungsmethoden von Fremdelementen in Eisen und Stahl.

Die vorliegende erste Lieferung betrifft neben anderen Metallen vornehmlich Nachweis und Bestimmung des Kupfers sowie der bedeutungsvollen Stahlveredler Niob und Tantal, Wolfram, Molybdän, Chrom, Vanadium. Näherer Einblick in dies erste Heft läßt eindrucksvoll erkennen, wie glücklich dieser Teil F bei vollster Wahrung des Gmelin-Handbuch-Charakters die ihm gestellte Sonderaufgabe einer analytischen Monographie erfüllen wird.

S.-Nr. 64, Rhodium und S.-Nr. 66, Osmium.

Die im Rutheniumband von der Redaktion in rascher Folge in Aussicht gestellte Bearbeitung der Platinmetalle ist mit der Fertigstellung der Bände Rhodium und Osmium (Literaturstand von Juni bzw. Aug. 1938) wesentlich vorangediehen. Sie behandeln in üblicher Stoffanordnung und nach den üblichen Gesichtspunkten zunächst die Elemente — diese unter vielseitigster Berücksichtigung ihrer physikalischen Daten — und anschließend deren Verbindungen, worunter einmal die Amminkomplexe des Rhodiums, anderseits die Osmium-Sauerstoff-Verbindungen größeren Raum beanspruchen. Dem Os-Band ist ein Anhang über das Element 94, Ekaosmium beigefügt, über welches zwar bereits im Uranband-Schlußkapitel im Rahmen der Transurane nach dem Kenntnisstand von Ende 1935 berichtet wurde, dessen in der Zwischenzeit weitergeschrittene Untersuchung hinsichtlich der Umwandlungsvorgänge und Halbwertszeiten unter Hinzuziehung chemischer Trennungs- und Nachweismethoden aber eine erneute Berichterstattung rechtfertigt.

Heinrich Menzel.

DK 621.824.44 : 531.8

Verdrehungsfestigkeit und Verschleiß von Keilwellen. Von Prof. M. Ulrich. Unter Mitarb. v. Dipl.-Ing. J. Aengeneyndt und Dr.-Ing. K. Wellinger. Forschungs-Arbeiten für das Kraftfahrwesen. (Mitt. aus der Materialprüfungsanstalt an der T. H. Stuttgart) Versuchsbericht Nr. 11. Herausgegeben vom Reichsverband der Automobilindustrie e. V., Berlin. 1. Teil: Werden Hinterachswellenbrüche im Fahrbetrieb durch Drehschwingung oder durch Gewaltbeanspruchung hervorgerufen? Mit 24 S. u. 85 Abb. im Format A 4. Preis kart. 3,50 RM. — Teil 2 bis 6 nebst Schlußwort. Preis kart. 6,50 RM. Mit zus. 75 S. u. 230 Abb. im Format A 4. Reichsverband der Automobilindustrie e. V., Berlin-Charlottenburg 2, Hardenbergstr. 8. 1935 und 1938.

Diese Forschungsarbeiten sind auf Anregung des Reichsverbandes der Automobilindustrie in enger Fühlungnahme mit der Industrie vorgenommen worden. Die untersuchten Stücke aus verschiedenen Werkstoffen wurden den Ersatzteillagern mehrerer größerer Automobilfabriken entnommen, und das Auftreten von Brüchen sowie die besonderen Bruchererscheinungen wurden an Wellen untersucht, die an Lastkraftwagen, Personen- und Sportwagen (bei letzteren z. T. bei Rennen) zu Bruch gingen. Sie stellen daher wertvolle Unterlagen für die Bemessung von Fahrzeugwellen dar, da sie nicht auf reiner Theorie aufgebaut, sondern aus der Praxis für die Praxis geschaffen wurden.

Von diesen praktischen Fällen ausgehend, werden nach den Ausführungen im ersten Heft zunächst die Bruchererscheinungen an Hinterachswellen untersucht. Als wesentliche Kennzeichen dieser Brüche ergaben sich Längsrisse an der Oberfläche, die sich bei genuteten Wellen im Querschnitt als radial von jeder der Nutenecken nach der Wellenachse zu erstreckende Risse darstellten und die Querschnittsfläche sektorförmig aufteilten. Nach bisheriger Auffassung der Fachkreise entstehen derartige Betriebsbrüche („Dauerbrüche") durch Drehschwingungsbeanspruchungen, d. h. durch viele Wechselspannungen im elastischen Gebiet, in welchem noch keine nennenswerten bleibenden Formänderungen auftreten. Die daher zunächst auf dieser Annahme aufgebauten Versuche an glatten Wellen und Keilwellen verschiedenen Werkstoffes und verschiedener Gestaltung mit Hilfe einer besonders dafür ausgebildeten und näher im 1. Heft beschriebenen Prüfanlage, die es erstmalig ermöglichte, Proben der hier in Frage stehenden Größe durch Drehschwingungsbeanspruchungen zum Bruch zu bringen, zeigten überraschenderweise einen grundsätzlich anderen Verlauf des Bruches als die Brüche des praktischen Fahrbetriebes und wiesen als wesentliche Kennzeichnung Risse auf, welche unter 45° zur Wellenachse verliefen, so daß hieraus zu schließen war, daß die Ursache der Betriebsbrüche Drehschwingungsbeanspruchungen nicht sein konnten.

Der Umstand, daß die Betriebsbrüche in den meisten Fällen mit mehr oder weniger weitgehenden bleibenden Formänderungen verbunden waren, führte dazu, daß die versuchsmäßige Erzeugung von Brüchen, deren Verlauf den Betriebsbrüchen entsprach, durch verhältnismäßig wenige Rechts- und Linksdrehungen im plastischen Gebiet (über der Streckgrenze liegend) erzielt werden konnte. Da es restlos gelang, im Versuchswege die genau gleichen Bruchererscheinungen wie bei Betriebsbrüchen zu erzeugen, ist es durch diese Arbeiten klargestellt worden, daß die Betriebsbrüche Gewaltbrüche darstellen, die durch Drehbeanspruchungen über der Streckgrenze hervorgerufen werden, also in einer Höhe, wie sie bislang vom Konstrukteur nicht angenommen wurden und die nicht von der Motorleistung herrühren können, sondern auf Massenwirkungen des Triebwerks und des Fahrzeugs zurückzuführen sind. Aus dieser wichtigen Erkenntnis heraus wird die praktische Folgerung gezogen, daß diesen nur gelegentlich und kurzzeitig auftretenden Überbeanspruchungen durch eine elastische und plastische Aufnahmefähigkeit der Wellen Rechnung getragen werden kann, die durch Wahl des Werkstoffs und der Gestaltung erzielbar ist.

Im zweiten Heft ist eingehender die Frage behandelt, in welcher Weise den zerstörenden Auswirkungen dieser Überbeanspruchungen durch Gestaltung und Werkstoffauswahl begegnet werden kann. Es wird der Einfluß der Gestaltung der Welle auf die Widerstandsfähigkeit der Keilwellen untersucht, aufgebaut auf der Ermittlung der Widerstandsfähigkeit der Keilprofile mit verschiedener Keilzahl, Keillänge und Keilhöhe durch Verdrehungsversuche. Wichtig für die Praxis ist eine vergleichende Betrachtung über die Beanspruchungsverhältnisse bei den genormten Keilprofilen. Auch dem Einfluß der Zusammensetzung und der Wärmebehandlung von Stählen auf die Festigkeitseigenschaften der Keilwellen wird nachgegangen.

Den klaren textlichen Darlegungen sind zahlreiche, die Forschungsergebnisse in übersichtlicher Weise zusammenfassende Schaubilder beigegeben, die weiterhin durch Tafeln und sehr gute bildliche Wiedergaben von den untersuchten, besonders lehrreichen Bruchstücken, von Bruchflächen und von Schliffen ergänzt werden. Über das Bereich des Kraftfahrzeugs hinaus bringen diese Forschungsarbeiten jedem Konstrukteur, der sich mit Kraftübertragungswellen befassen muß, wertvolle Hinweise und Unterlagen. Für den, der sich eingehender mit der Frage der Beanspruchungen von Wellen befassen will, ist am Ende der Hefte das wichtigste einschlägige in- und ausländische Schrifttum angegeben.

W. Radestock.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dipl.-Ing. W. Burkhardtsmaier VDE, Berlin W 30, Rosenheimer Straße 25.
Dipl.-Ing. A. Lütjen VDE, Hamburg 39, Floot 10.
Prof. Dipl.-Ing. A. Matthias VDE, Babelsberg, Landgut Eule.
Dr. F. C. Saic VDE, Berlin-Siemensstadt, Goebelstr. 68.
Dr.-Ing. W. Weingärtner VDE, Berlin W 35, Kurfürstenstr. 49.
Direktor Dr. A. Wölfel, Rudolstadt, Richard-Wagner-Str. 3.

Abschluß des Heftes: 2. Juni 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 15. Juni 1939 | Heft 24

Korrosionen an Anlagen und Geräten für die Nachrichtenübermittlung.

Von O. Haehnel, Berlin.

DK 621.39 : 620.191

Übersicht. Die nachstehenden Zeilen sollen dem Fernmeldetechniker eine dem neuesten Stande der Wissenschaften entsprechende, zusammenfassende Darstellung aller in seinem Arbeitsbereiche vorkommenden Korrosionen sowie ähnlicher Erscheinungen geben und ihm durch die beigefügten Schrifttumsnachweise die Einarbeitung in dieses oder jenes Sondergebiet erleichtern, falls er sich mit einigen Fragen näher zu beschäftigen beabsichtigt.

Die Korrosion der Metalle, d. h. die nicht beabsichtigte, mit dem Gebrauch des Werkstoffes nicht notwendig verknüpfte Güteverminderung, bei der ein Teil des Metalls in eine chemische Verbindung übergeführt wird, macht sich auch an den der Nachrichtenübermittlung dienenden Anlagen und Geräten oft störend bemerkbar. Zweckmäßigerweise werden die Korrosionen in drei Gruppen eingeteilt: in die an Bauwerken und Freileitungen auftretenden, die an Kabeln zu beobachtenden und die an Apparaten und Geräten festzustellenden Korrosionen.

Bauwerke und Freileitungen

Was die eisernen Bauwerke und Bauteile anbetrifft, so ist darüber zunächst zu sagen, daß sie im allgemeinen durch Rostschutzanstriche vor Korrosion genügend geschützt werden können. Es gibt aber Fälle, in denen für sie die Korrosionsgefahr so ungewöhnlich groß ist, daß besondere Hilfsmaßnahmen getroffen werden müssen. Dies gilt z. B., wie in der Arbeit des Verfassers „Korrosion der eisernen Telegraphen- und Fernsprechstützen"[1]) näher ausgeführt worden ist, für die Träger der porzellanenen Isolierglocken und für die Querträger von Gestängen.

In der Nähe der Meeresküste, in Industriegegenden und an Orten mit unreiner Luft ist die Lebensdauer der Stützen beschränkt. Die aus 20, 16 oder auch nur 10 mm starken Rund- oder Vierkanteisen bestehenden Isolatorenträger werden hier oft schon in ganz kurzer Zeit dadurch unbrauchbar, daß sie unmittelbar unterhalb des inneren Glockenrandes auf einer Länge von 3 bis 5 cm besonders stark und schnell korrodieren. Im vorgeschrittenen Zustand lassen solche Stützen von dem Rund- bzw. Vierkanteisen nur noch ein ganz dünnes, oft nur 2 bis 3 mm starkes Eisenstück erkennen, das nicht mehr stark genug ist zu verhindern, daß beim Reißen der Leitung allein durch den einseitigen Drahtzug einer 1,5 mm-Leitung die Stütze fortbricht. Bisweilen ist auch die weit vorgeschrittene Korrosion äußerlich nicht wahrzunehmen, weil der gebildete Rost fest anhaftet und metallischen Glanz zeigt. Das Durchrosten der Stützen ist nicht nur einem einzigen Umstande zuzuschreiben, sondern als das Endergebnis des Zusammentreffens verschiedener ungünstiger Tatsachen anzusehen. Abgesehen davon, daß die aus Stahl gefertigten Stützen schneller rosten als die schmiedeeisernen, wird die Korrosion unmittelbar unterhalb des inneren Glockenrandes dadurch gefördert, daß diese Stelle der Stütze von der Luftbewegung und den Sonnenstrahlen schwerer erfaßt wird als die übrigen Teile, was besonders zu Zeiten der Nebel- und Taubildung häufig zur Entstehung eines Feuchtigkeitshäutchens an der fraglichen Stelle Anlaß gibt. Dieses Feuchtigkeitshäutchen zieht aus der umgebenden Luft die darin enthaltenen schädlichen Bestandteile an sich und bildet mit ihnen verhältnismäßig konzentrierte, elektrolytisch ziemlich stark dissoziierte Lösungen, die außerordentlich korrodierend wirken. Nach den statistischen Erhebungen ist die Lebensdauer der eisernen Stützen um so geringer und der Umfang der ganzen Erscheinung um so größer, je mehr Feuerungsstellen, Fabriken, besonders chemische, Eisenbahnen oder auch sonstige Anlagen mit schädlichen Ausdünstungen, wie z. B. Pferdeställe, in der Nähe sind. Während in den Gegenden mit reiner Landluft die Lebensdauer der Stützen III praktisch nahezu unbegrenzt ist, halten sie sich in einer Stadt wie Frankfurt (Main) nur 10 bis 12 Jahre; in dem industriereichen Bezirk Dortmund werden sie in 6 bis 7 Jahren unbrauchbar, und gar in Mannheim, das von einem Kranz chemischer Fabriken umgeben ist, müssen die in nächster Nähe der Fabriken eingebauten Stützen regelmäßig alle 3 bis 4 Jahre erneuert werden.

Ungünstige Geländeverhältnisse, welche den schnellen Abzug der Rauchgase oder eine Durchlüftung erschweren, begünstigen die Korrosion in hohem Maße. So treten z. B. regelmäßig sehr starke Korrosionserscheinungen an den Stützen und Querträgern der tief in das Gelände eingeschnittenen Eisenbahnlinien sowie an den Ein- und Ausgängen von Eisenbahntunnels auf.

Die auf den friesischen Inseln, auf dem Festlande längs der ganzen Nordseeküste, an der schleswigschen Ostseeküste und in den Moor- und Marschgegenden Nordostdeutschlands beobachteten starken Korrosionen, die vor einigen Jahren in einem einzigen dort befindlichen Oberpostdirektionsbezirk jährlich annähernd 800 Stützen unbrauchbar machten, sind nur zum Teil auf die in jenen Gegenden häufigen Niederschläge und den hohen relativen Feuchtigkeitsgehalt der Luft daselbst zurückzuführen. Eine wesentliche Rolle für das schnelle Durchrosten der Stützen spielt hier der in der Atmosphäre enthaltene feine Salzstaub. Salz ist zwar kein normaler Bestandteil der Seeluft, aber bei stürmischem Seegang wird durch die stark bewegte Luft Meereswasserstaub verweht, der je nach der Windrichtung und der Windstärke weit in das Innere des Landes vordringt. Über solches ver-

[1]) O. Haehnel, Z. angew. Chem. 37 (1924) S. 478.

wehtes Salz als Isolatorenzerstörer hat auch W. Weicker[2]) berichtet. Die korrodierende Einwirkung der feuchten Meeresluft auf Eisen, wie sie soeben geschildert worden ist, hat sich auch früher an den deutschen Funktürmen in Swakopmund und Lüderitzbucht sehr unangenehm bemerkbar gemacht. Besonders groß war die Korrosionsgefahr für den Turm in Swakopmund. Unter dem Einfluß der vorbeistreichenden antarktischen Meeresströmung verdichten sich hier während eines großen Teiles des Jahres täglich größere Mengen Wasserdampf zu Nebel, die beim Niederschlagen alle Bauwerke mit einer salzhaltigen Feuchtigkeitsschicht überziehen. Isolatorenstützen III, die keinen Schutzanstrich aufwiesen, wurden bereits in wenigen Monaten bis auf einen Durchmesser von wenigen Millimetern zerfressen. Der Swakopmunder Turm mußte, um ihn wirksam zu schützen, mindestens viermal im Jahre neu mit Rostschutzfarbe gestrichen werden. Für den Turm von Lüderitzbucht, der in Bergen eingeschlossen und etwas geschützter als der Swakopmunder lag, genügte allerdings ein zweimaliger Anstrich im Jahre.

An Stelle des Anstrichs mit Rostschutzfarbe ist zur Erhaltung kleinerer Bauteile aus Eisen, die besonders korrosionsgefährdet sind, mit Erfolg die Verzinkung angewandt worden. Überall, wo sich das Durchrosten der gestrichenen Stützen sehr schnell bemerkbar macht, haben sich die verzinkten Stützen ausgezeichnet bewährt. Auch der Rostschutz, den die Verzinkung den Stahltrossen an den Funktürmen gewährt, ist als recht gut zu bezeichnen. Im Zusammenhang hiermit muß noch die Phosphatierung genannt werden, die sich bis jetzt überall bewährt hat, wo sie angewendet worden ist.

Was die Korrosion der Freileitungsdrähte anbetrifft, so soll zunächst der hartgezogenen Elektrolytkupferdrähte und der Bronzedrähte (mit mehr als 97 % Kupfergehalt), insbesondere der Siliziumbronzedrähte, gedacht werden. Ihre Haltbarkeit ist, wie in der Arbeit des Verfassers: „Über die Haltbarkeit von Freileitungsdrähten aus Aluminium"[3]) näher ausgeführt worden ist, unter normalen Verhältnissen recht groß. So ist an den beiden Hartkupferleitungen Frankfurt (Main) – Chemnitz und Frankfurt (Main) – Dresden, die im Jahre 1906 bzw. 1908 verlegt worden waren, bei ihrem Abbruch im Jahre 1924 festgestellt worden, daß sie während ihres 16 bzw. 18 Jahre langen Gebrauchs nur einen Kupferverlust von 4,88 % erlitten hatten. Dabei ist noch fraglich, ob dieser Kupferverlust tatsächlich auf die Korrosion durch die Atmosphäre zurückzuführen ist oder auf den Abfall, der beim Aufbau und dem Abbruch der Leitung entstanden ist.

In einer Atmosphäre, die, wie z. B. Luft in Großstädten und Industriegegenden, durch Rauchgase oder andere korrosive Stoffe verunreinigt ist, leidet allerdings auch das sonst so widerstandsfähige Kupfer recht merklich. In der Arbeit: „Kohlendioxyd- und Schwefeldioxydgehalt der Berliner Luft"[4]) hat der Verfasser einen Korrosionsfall beschrieben, der in dieser Beziehung sehr aufschlußreich ist. Im Mittelpunkt Berlins wurde im Jahre 1921, veranlaßt durch den Bruch eines Drahtes aus einem 30 Doppelleitungen zählenden Linienzuge, festgestellt, daß ein Drittel der Drähte, die 21 Jahre vorher verlegt worden waren, sehr stark korrodiert waren. Die zerklüftete Oberfläche jedes dieser Drähte zeigte ein schwarzgrünes Aussehen, und die Freßstellen gingen so tief, daß die 3 mm starken Drähte stellenweise nur noch ein Drittel ihres ursprünglichen Kupferquerschnittes aufwiesen. Das Korrosionsprodukt erwies sich als Schwefelkupfer, dem eine kleine Menge schwefelsauren Kupfers beigemengt war. Der Gewichtsverlust an Kupfer, den der zerrissene Draht in der Nähe der Bruchstelle während seines 21jährigen Gebrauchs erlitten hatte, betrug 46,9 %. Die restlichen zwei Drittel Drähte des Linienzuges waren, da sie erst im Jahre 1910, also 10 Jahre später als die anderen, verlegt worden waren, in einem besseren Zustande.

Auch in den Bezirken der Kaliindustrie, wo die Luft häufig mit Staub von Kalidüngesalzen versetzt ist, besteht für Kupferfreileitungen Korrosionsgefahr. Gegen die Einwirkung feuchter Alkalichloride und -sulfate ist Kupfer ziemlich empfindlich. Es sind verschiedene Fälle von Drahtkorrosionen dieser Art bekanntgeworden. Auf dem Gelände eines Kaliwerkes im Bezirk Halle z. B. sind vier blanke, 1,5 mm starke Kupferbronzedrähte in einer Höhe von etwa 6 m über den Laderampen, von denen aus die Kalisalze in die Eisenbahn verladen werden, im Verlauf von drei Jahren so stark korrodiert worden, daß sie durch neue ersetzt werden mußten. Das die Drähte in Form einer fest anhaftenden Kruste umgebende Korrosionsprodukt entsprach in seiner chemischen Zusammensetzung dem Atakamit (Kupferchlorokarbonat). Der Kupferverlust betrug 12,5 %. Nähere Angaben sind in der Arbeit: „Korrosion kupferner Fernsprechleitungsdrähte durch Einwirkung des Staubes von Kalidüngesalzen"[5]) enthalten.

Der zunehmende Verbrauch an Kupfer und die damit verbundene Preissteigerung hat die Elektrizitätswirtschaft schon vor mehreren Jahren veranlaßt, an Stelle von kupfernen Freileitungsdrähten solche aus Aluminium zu verwenden. Bisher wird im Leitungsbau des In- und Auslandes das Aluminium allerdings vornehmlich für den Starkstrom verwendet. Der Ausbau an Fernmeldeleitungen aus Aluminium steht noch wesentlich zurück. In Deutschland wurden in den Jahren 1910 und 1911 die ersten Versuche mit Freileitungsdrähten aus Aluminium gemacht[6]). Diese ersten Versuche waren wenig ermutigend. Sowohl die im November in Betrieb genommene 36 km lange Leitung von Hannover nach Hänigsen, die aus einem 4 mm starken Draht aus sogenanntem „Spreealuminium" (98 % Aluminium und 2 % Kupfer) bestand, wie auch die im Jahre 1911 in Betrieb genommene 38 km lange, über den Taunus führende Leitung Wiesbaden – Langenschwalbach – Nahstätten, die aus zwei 4 mm starken Aluminiumdrähten mit 0,5 % Kupfer- und 2,5 % Zinkgehalt bestand, war in wenigen Jahren so stark korrodiert, daß die Fortführung der Versuche wieder aufgegeben wurde. Die zuerst genannte Leitung mußte innerhalb des Stadtgebietes Hannover bereits nach 2¾ Jahren durch Kupferdrähte ersetzt werden, die Taunusleitung innerhalb des Stadtgebietes von Wiesbaden nach fünf Jahren und elf Monaten. In der reinen Landluft außerhalb der Städte war die Haltbarkeit beider Leitungen größer, aber keinesfalls befriedigend. Das Ausmaß der Korrosion ist aus dem Gewichtsverlust zu ersehen, den die ganze Leitung Hannover – Hänigsen während ihres $3^1/_{12}$jährigen Gebrauches zu verzeichnen gehabt hat. Er wurde durch Zurückwägen des abgenommenen Drahtes festgestellt und betrug 32,7 % des ursprünglichen Drahtgewichts. Etwas günstigere, aber ebenfalls nicht befriedigende Erfahrungen hat die französische Telegraphenverwaltung vor dem Kriege mit Freileitungsdrähten aus Reinaluminium gemacht. Reinaluminium besitzt zwar eine verhältnismäßig gute Korrosionsfestigkeit, ist aber für die Herstellung von Freileitungsdrähten ungeeignet, weil es mechanisch nicht fest genug ist.

Vor etwa 13 Jahren wurden in Frankreich die Versuche mit Freileitungsdrähten aus vergüteten bzw. vergütbaren Aluminiumlegierungen wieder aufgenommen, worüber L. Daumard[7]) berichtet hat. In erster Linie wurde das aus 98,9 % Al, 0,4 % Mg, 0,5 % Si und 0,3 % Fe bestehende Aldrey verwendet. Daneben wurden auch

[2]) W. Weicker, Mitt. der Vereinigung d. Elektrizitätswerke 23 (1924) S. 174/80.
[3]) O. Haehnel, Elektrizitätswirtsch. 26 (1927) S. 101 u. 175.
[4]) O. Haehnel, Z. angew. Chem. 35 (1922) S. 618.
[5]) Z. angew. Chem. 37 (1924) S. 299.
[6]) O. Haehnel, Elektrizitätswirtsch. 26 (1927) S. 101 u. 175.
[7]) L. Daumard, Ann. Post. Télégr. Téléph. 21 (1932) S. 943.

Drähte aus Almelec benutzt, das sich von dem ersteren nicht sehr wesentlich unterscheidet. Das Vergüten des Aldreydrahtes besteht darin, daß er bei 350 bis 550 ° geglüht und dann abgeschreckt wird. Nach starkem Kaltverformen durch Herunterziehen wird er zum Schluß bei 120 bis 200 ° angelassen. Bis zum Jahre 1929 wurden in Frankreich drei Leitungen gebaut, und zwar eine in den niederen Pyrenäen, eine im Jura und eine im Departement La Manche. Im Jahre 1931 kamen dann noch zwei weitere Leitungen hinzu, eine in der Nachbarschaft des Meeres, im Departement Seine Inférieure, eine andere in einer vom Meere entfernten, aber ebenfalls oft von Winden bestrichenen Gegend. Die Erfahrungen befriedigten nicht. Es sind zahlreiche Drahtbrüche zu verzeichnen gewesen, sowohl mitten im Felde wie in der unmittelbaren Nähe einer Verbindungsmuffe wie auch auf dem Hals eines Isolators. Nach Daumard ist der Seeluft kein überragender Einfluß auf das Schadhaftwerden der Drähte zuzuschreiben, wohl aber der mechanischen Wirkung des Windes. Dieser hat die Abnutzung und das Zerreißen des Drahtes infolge der Erschütterung oder der interkristallinen Brüchigkeit des Metalls herbeigeführt. Laboratoriumsversuche haben auch ergeben, daß bei Verwendung von Bindedrähten aus Reinaluminium oder aus einer anderen Aluminiumlegierung, als sie der Leitungsdraht aufweist, eine Elektrolyse zwischen Bindedraht und Leitungsdraht stattfindet, die den Draht an der Bindestelle korrodiert. Nach Daumard sind Freileitungsdrähte aus Aluminium zu betriebsunsicher, als daß sie mit Erfolg an Stelle von Kupferdrähten in der Fernmeldetechnik Verwendung finden könnten.

Die Deutsche Reichspost hat, um das Verhalten der Aldreydrähte kennenzulernen, anfangs des Jahres 1936 drei Versuchsleitungen mit solchen Drähten, und zwar je eine in den Bezirken Potsdam, Chemnitz und Hamburg, in Betrieb genommen. Nach den bisher vorliegenden Erfahrungen haben sich die Drähte im Bezirk Potsdam gut gehalten. In den Ausläufern des Erzgebirges (Bezirk Chemnitz) wurden verschiedene Bund- und Drahtbrüche festgestellt. An der Nordseeküste im Bezirk Hamburg war das Verhalten der Drähte ausgesprochen schlecht. Hier mußte die Leitung bereits nach einer Betriebsdauer von zwei Jahren wegen zahlreicher Bund- und Drahtbrüche stillgelegt werden. Im Jahre 1937 ist dann abermals eine Versuchsstrecke mit Aldreydrähten gebaut worden, bei der noch besondere Vorsichtsmaßnahmen ergriffen worden sind. Die Drähte haben einen Oberflächenschutz nach dem sogenannten MBV-Verfahren erhalten und sind, um sie vor der unmittelbaren Berührung mit den Atmosphärilien zu bewahren, eingefettet worden. Über das Ergebnis dieses Versuchs ist noch nichts bekannt.

Da, wie bereits mitgeteilt, das Reinaluminium ziemlich korrosionsbeständig ist, aber sich zur Herstellung von Freileitungsdrähten wegen seiner ungenügenden mechanischen Festigkeit nicht eignet, hat man an Stelle der Drähte Stahlaluminiumseile, d. h. Seile, die zum Teil aus Reinaluminium- (Al-Gehalt 99,98 %), zum Teil aus Stahldrähten bestehen, in Betrieb genommen. Nach den gemachten Erfahrungen ist die Haltbarkeit solcher Seile befriedigend. Die Deutsche Reichspost hat ein aus fünf je 2 mm starken Eisendrähten und zwei ebenso starken Reinaluminiumdrähten hergestelltes Seil schon im Jahre 1919 auf seine Brauchbarkeit erprobt. Das 224,7 m lange Seil wurde längs des Eisenbahnkörpers der Wannseebahn, die damals noch Dampflokomotivenverkehr hatte, in Steglitz aufgehängt. Nach 5½jährigem Gebrauch erwiesen sich die Eisendrähte des Seiles als ziemlich stark korrodiert, die Aluminiumdrähte dagegen waren noch gut. Der Gewichtsverlust an Aluminium, der durch die leichte Korrosion verursacht war, betrug nur ½ %. An der Oberfläche der Aluminiumdrähte, soweit sie unmittelbar mit den Eisendrähten Berührung gehabt hatte, waren zahlreiche sehr kleine, mit Aluminiumoxyd ausgefüllte kraterförmige Vertiefungen zu erkennen.

Kabel.

Nachdem die an Freileitungen auftretenden Korrosionsschäden besprochen worden sind, sollen jetzt die Korrosionen behandelt werden, die an Kabeln beobachtet werden. An den Mänteln der Bleikabel treten zwei verschiedene Arten von Korrosion auf:

1. die Selbstkorrosion oder die rein chemische Zerstörung und
2. die durch Fremdströme hervorgerufene elektrolytische Anfressung.

Im Erdboden unterliegt das Blei sehr oft der chemischen Korrosion. Ausführlich ist hierüber vom Verfasser im Jahre 1928 berichtet worden[8]). Zum Angriff auf das kompakte Blei bedarf es der gemeinsamen Einwirkung von Sauerstoff und Feuchtigkeit. Diese beiden Stoffe allein wirken jedoch nur langsam auf Blei ein, erst wenn gleichzeitig korrosive Stoffe vorhanden sind, macht sich ihre angreifende Wirkung störend bemerkbar. Wenn man von den Kolloiden absieht, wie Kaolingel, Aluminiumhydroxyd und Eisenhydroxyd, die infolge der Zähigkeit, mit der sie Wasser festhalten, die Korrosion begünstigen, so sind als korrosiv zu nennen: Kalk, Chloride und Humus. Geringe Mengen dieser Stoffe bedeuten allerdings kaum eine Gefahr. Bei welchem Gehalt die Gefahrengrenze beginnt, ist schwer zu sagen. In einem aus feinkörnigem Quarz- bzw. Spatsand bestehenden Boden hat sich der Bleimantel eines darin verlegt gewesenen unbewehrten Bleikabels über 70 Jahre lang völlig unversehrt gehalten. An einer anderen Stelle, wo derselbe Boden noch zusätzlich einen Gehalt von 9,6 % Ton, 0,5 % Kalk und 2,4 % Humus aufweist, war der Bleimantel desselben Kabels in der gleichen Zeit unter Bildung einer verhältnismäßig dünnen Kruste von Bleioxyd angegriffen worden. Von einer nennenswerten Gefahr kann also auch hier nicht gesprochen werden. Erheblich beschränkter aber ist die Lebensdauer von unbewehrten Bleikabeln in Böden, die einen Kalkgehalt von 10 und mehr Prozent aufweisen. In einem Mergelboden mit 45 % Kalkgehalt hat ein unbewehrtes, zweipaariges Bleikabel von 0,85 cm äußerem Durchmesser und gleicher Mantelstärke wie das oben beschriebene nur eine Lebensdauer von anderthalb Jahren erreicht.

In Zementkanälen korrodieren die nackten Bleimäntel der Röhrenkabel unter gewissen Umständen ebenfalls leicht, nämlich dann, wenn der Zement in den Kabelformstücken nicht genügend abgebunden worden ist, und wenn der Kabelkanal abwechselnd sehr oft feucht und trocken wird, wie es z. B. der Fall ist, wenn er am oberen Rande des schwankenden Grundwasserspiegels liegt. Dauernd in Grundwasser befindliche Kabel bzw. Kabelkanäle sind weniger stark gefährdet, weil das Wasser den Zutritt des zur Korrosion erforderlichen Sauerstoffes erschwert. Nähere Angaben über die chemische Korrosion von in Kanälen verlegten Bleikabeln enthält die Arbeit des Verfassers: „Die Korrosionen am Rheinlandkabel“[9]) sowie die Arbeit von Baldini[10]) „Contributo allo studio della corrosione del mantello di piombo dei cavi telefonici sotteranei“. Daß Beton Blei bei Gegenwart von Luft und Feuchtigkeit schnell zu zerstören vermag, beweist u. a. auch ein in der oben angeführten Arbeit beschriebener Korrosionsfall an einem Kabel, das an der Außenwand eines mit Zement verputzten Hauses entlanggeführt worden war und innerhalb von vier Jahren seine Betriebsbrauchbarkeit verloren hatte. Die Berührung mit Zement, Beton und Mauerwerk ist für Blei aber nicht immer gefährlich, sondern nur dann, wenn zugleich Sauerstoff und Feuchtigkeit auf das Blei einwirken.

Ein in Kalk eingemauert gewesenes, nacktes Bleikabel hat sich, da der abgebundene Kalkmörtel niemals mehr

[8]) O. Haehnel, Elektr. Nachr.-Techn. 5 (1928) S. 171.
[9]) O. Haehnel, Z. Fernmeldetechn. 4 (1923) S. 49.
[10]) Baldini, Riv. Telegr. Telef. 7 (1926) S. 251 u. 333.

mit Feuchtigkeit oder mit Regen in Berührung gekommen ist, über 70 Jahre lang unbeschädigt erhalten.

Stoffe, die der Erdboden von Natur aus nicht enthält, die ihm aber bisweilen beigefügt sind und bei gleichzeitiger Gegenwart von Luft und Feuchtigkeit unbewehrten Bleikabeln gefährlich werden, sind Koks, Asche und Schlacke. Jede unmittelbare Berührung des Bleimantels mit ihnen ist daher zu vermeiden. Der 8 mm starke Bleidraht einer „Blitzableitererde", der in einer Koksschüttung verlegt war, ist im Verlaufe von nur drei Jahren unter Bildung von basischem Bleikarbonat völlig zerfressen und unbrauchbar geworden.

Schädlich für Blei sind den praktischen Erfahrungen zufolge auch die ungereinigten Produkte der Steinkohlen- und Braunkohlendestillation, deren nicht unbeträchtlicher Gehalt an Phenol bzw. Homologen des Phenols bei Gegenwart von Luft und Feuchtigkeit das Blei angreift. Der Mantel eines Fernsprechkabels, das unter Verwendung einer solchen minderwertigen Kompoundmasse hergestellt und in einem als unschädlich zu bezeichnenden Sandboden mit nur geringem Ton- und Kalkgehalt verlegt worden war, zeigte sich nach zehnjährigem Gebrauch völlig durchkorrodiert, und die Mäntel zweier infolge der hohen Belastung während des Betriebes ziemlich heiß gewordener Starkstromkabel sind unter dem Einfluß der in dem Steinkohlenteer der Juteimprägnierung nachgewiesenen Phenole, Kresole usw. im Verlaufe von sieben Jahren so stark angegriffen worden, daß sie keine Betriebssicherheit mehr boten. Auf die Schädlichkeit des Phenols usw. in den schlecht gereinigten Imprägniermassen hat auch E. da Fano in seiner Arbeit „La corrosione chimica del piombo in presenza di fenolo"[11]) aufmerksam gemacht. Durch Laboratoriumsversuche sind die in der Praxis gesammelten Beobachtungen bestätigt worden. Versuche dieser Art sind in der Arbeit des Verfassers „Über die Widerstandsfähigkeit verschiedener Gebrauchsmetalle gegen die angreifende Wirkung der Dämpfe von Phenol und Kresol"[12]) beschrieben worden.

Ebenso wie im Erdboden verlangt auch die chemische Korrosion im Wasser nicht nur die Gegenwart von Sauerstoff, sondern auch die von Elektrolyten. Im Süßwasser sind solche Elektrolyte, in gefährlicher Menge jedenfalls, nicht enthalten. Anders liegen jedoch die Verhältnisse im Meerwasser, das 3,3 % Salz, darunter 2,7 % Chlornatrium enthält. In einem solchen Wasser besteht für blanke Kabelbleimäntel Korrosionsgefahr, besonders dann, wenn das Wasser stark bewegt ist, weil in diesem Fall gebildetes Korrosionsprodukt fortgespült und immer wieder neues Blei freigelegt wird. Sehr korrosionsfördernd wirkt hier auch eine etwaige ungleichmäßige Verteilung der in dem Blei enthaltenen Legierungsmetalle. Einzelheiten hierüber enthält die Arbeit des Verfassers „Über die Korrosion von Bleikabeln im Meerwasser"[13]).

Von Bedeutung ist die Frage, ob sich das Handelsblei, d. i. Blei mit Spuren von Kupfer, Arsen und Eisen, bei der Selbstkorrosion wesentlich anders verhält als die Legierungen des Bleies mit 3 % Zinn oder 1 % Antimon. Die Amerikaner Achatz und Anderegg[14]) haben angegeben, daß nach ihren Feststellungen in 70 % aller Fälle das antimonhaltige Blei stärker angegriffen worden ist als das reine Blei und in 95 % aller Fälle das reine Blei stärker als die Blei-Zinn-Legierung. In Deutschland sind dahingehende Beobachtungen noch nicht gemacht worden. Es ist dies in erster Linie wohl darauf zurückzuführen, daß hier Kabel mit nacktem Bleimantel als Erdkabel nicht verlegt werden, nur als Röhrenkabel, und als solche nur in den Städten, wo die Möglichkeit, ein einwandfreies Beobachtungsmaterial zu schaffen, beschränkt ist. I. C. Chaston[15]), der Korrosionsschnellprüfungen im Laboratorium unter Verwendung einer 2%igen Ammoniumnitratlösung bei 32° an vier verschiedenen Bleisorten (unlegiertes Blei, Blei mit 0,8 % Antimon, Blei mit 1 % Antimon und 0,06 % Kupfer und Blei mit 0,5 % Antimon und 0,25 % Cadmium) ausgeführt hat, gibt an, daß das mit 0,8 % Antimon legierte Blei sich am korrosionsfestesten, das mit 0,5 % Antimon und 0,25 % Cadmium legierte dagegen am unbeständigsten gezeigt hat. Worauf die Abweichung der Chastonschen Laboratoriumsergebnisse von den Angaben von Achatz und Anderegg zurückzuführen ist, soll hier nicht untersucht werden, es scheint jedoch, daß die Angabe A. Burkhardts in seiner Arbeit „Einfluß von geringen Beimengungen auf das Verhalten von Weichblei gegen Säuren"[16]) zutrifft, und daß die Frage, welche Metalle korrosionshemmend und welche korrosionsfördernd wirken, nur auf Grund eines sehr reichhaltigen, aber bis jetzt noch nicht vorliegenden Beobachtungsmaterials aus der Praxis entschieden werden kann.

Die Korrosion von Bleikabeln durch Fremdströme, die dadurch zustande kommt, daß fremde, im Erdboden herumschweifende vagabundierende Ströme den Kabelmantel eine Strecke lang als Leiter benutzen und ihn gewissermaßen zur Elektrode einer elektrolytischen Zersetzungszelle machen, ist zum erstenmal von Michalke[17]) vor 30 Jahren wissenschaftlich geprüft worden. Die Herkunft solcher Ströme, die sehr verschiedener Art sein kann, ist praktisch auf beschädigte Starkstromkabel und auf die unisolierten Schienen der Gleichstrombahnen beschränkt. Die aus den Schienen austretende Strommenge, die dem Schienenwiderstand direkt und dem Übergangswiderstand zur Erde umgekehrt proportional ist und ferner mit dem Quadrat der Länge der freitragenden Strecke zunimmt, kann nach Claude[18]) 12 bis 15 % des Gesamtstromes in verzweigten Schienennetzen und 25 bis 30 % in lang auslaufenden Strecken betragen.

Bei der Fremdstromkorrosion, die nach den Beobachtungen der Deutschen Reichspost zahlenmäßig die Selbstkorrosion erheblich übertrifft, nach Chaston in Amerika aber sich mit der Selbstkorrosion die Waage hält, wird der Kabelbleimantel und ebenso die eiserne Umwehrung an der Stelle angefressen, wo die vagabundierenden Ströme aus dem Kabel austreten; an den Stellen, wo sie eintreten, findet keine Korrosion, wenigstens keine nennenswerte, statt. Der Kabelmantel wird also nur anodisch, nicht kathodisch korrodiert. Die Größe der Korrosionsgefahr ist nach Michalke durch die Dichte des aus dem Kabelmantel austretenden Stromes gegeben. Eisen gilt als gefährdet, wenn aus ihm 0,75 mA/dm² und mehr austreten, Blei dagegen schon, wenn die Dichte des austretenden Stromes mehr als 0,25 mA/dm² beträgt. Zur Feststellung der Korrosionsgefahr dient das von Michalke angegebene und später durch andere Forscher verbesserte Verfahren der „Rohrstrommessung".

Lange Zeit ist das Problem der elektrolytischen Zerstörung von Kabelmänteln, Röhren u. dgl. nur vom Standpunkte des Elektrotechnikers aus behandelt worden. Es hat aber auch eine chemische Seite. Wie in der Arbeit des Verfassers „Beitrag zur Frage der Korrosion von Bleikabeln durch vagabundierende Ströme"[19]) dargelegt worden ist, lassen sich die beiden Vorgänge, die sowohl bei der Selbstkorrosion wie auch bei der Fremdstromkorrosion nebeneinander herlaufen, der elektrische und der chemische Vorgang, nicht voneinander trennen. Von großer Bedeutung ist es daher für die Feststellung von Korrosionsschäden gewesen, daß ein chemischer Unterschied zwischen der Selbstkorrosion von Bleikabeln einerseits und der elektrolytischen Anfressung anderseits aufgefunden worden ist. Während bei der Selbstkorrosion als Korrosionsprodukt des Kabelmantels immer Blei-

[11]) E. da Fano, G. Chim. industr. 14 (1932) S. 18.
[12]) O. Haehnel, Korrosion u. Metallsch. 8 (1932) S. 260.
[13]) O. Haehnel, Elektr. Nachr.-Techn. 2 (1925) S. 175.
[14]) Achatz u. Anderegg, Bull. 18 Purdue Univ. Lafayette (Ind.) 1924) S. 1.
[15]) I. C. Chaston, Elektr. Nachr.-Wes. 13 (1934) S. 58.
[16]) A. Burkhardt, Metallwirtsch. 10 (1931) S. 181.
[17]) Michalke, Elektr. Kraftbetr. u. Bahn. 7 (1909) S. 226.
[18]) Claude, L'Eclair. électr. 24 (1900) S. 141.
[19]) O. Haehnel, Elektr. Nachr.-Techn. 4 (1927) S. 106.

karbonat, basisches Karbonat, Bleioxyd oder Bleihydroxyd gebildet wird, entsteht bei der durch Fremdströme hervorgerufenen Elektrolyse je nach der chemischen Zusammensetzung der in der Umgebung des Kabels befindlichen Elektrolyte: Bleichlorid, Bleisulfat, Bleinitrat oder Bleisuperoxyd. Auch Bleikarbonat kann in geringer Menge entstehen, es tritt aber gegenüber den anderen genannten Bleisalzen erheblich zurück. Die chemische Beschaffenheit des gebildeten Korrosionsproduktes läßt also einen Rückschluß auf die Ursache der Korrosion zu. Die Richtigkeit dieser Folgerung, zu der den ersten Anlaß ein klassischer elektrolytischer Korrosionsfall im Jahre 1925 gegeben hat — er ist in der Arbeit des Verfassers „Eine interessante Bleikabelkorrosion“[20]) beschrieben —, ist durch ein umfangreiches, sich über mehr als ein Jahrzehnt erstreckendes Beobachtungsmaterial jetzt zur Genüge erhärtet.

Ein weiteres, sehr wichtiges Ergebnis der chemischen Behandlung des Kabelkorrosionsproblems ist die Feststellung der Reichweite der korrodierenden Ströme. Lassen sich auch hierfür keine absolut genauen Zahlenwerte angeben, so darf doch allgemein behauptet werden, daß ein Kabel vor den korrodierenden abirrenden Straßenbahnströmen gesichert ist, wenn es von den Schienen überall mehr als hundert Meter weit entfernt bleibt. Ein bisher noch nicht veröffentlichter, jetzt aber zu besprechender Fall zeigt, daß diese Grenze eher zu weit als zu eng gezogen ist. Die aus einem schadhaft gewordenen Starkstromkabel ausgetretenen Ströme haben in einer Entfernung von mehr als 5 m dem in der Nähe liegenden Fernmeldekabel keinen Schaden mehr zufügen können. Der Fall, um den es sich hier handelt, ist auch deshalb bemerkenswert, weil er, da das elektrische Untersuchungsverfahren versagt hat, allein durch die chemische Analyse des Korrosionsproduktes aufgeklärt werden konnte. Ein korrodiertes, 15 Jahre in Betrieb gewesenes 20 km langes, sogenanntes induktionsfreies Telegraphenkabel zeigte im Jahre 1926 auf einer Strecke von 30 m gefährliche Korrosionserscheinungen. Die schadhafte Stelle lag dort, wo das Kabel in einem Feldweg, mehr als 1,5 km von der nächsten Ortschaft entfernt, eingegraben war. Die Korrosionen befanden sich nur auf der Unterseite des Kabelmantels und hatten zur Bildung von reinem Bleichlorid geführt. Beiderseits über die obenerwähnte 30 m lange korrodierte Strecke hinaus war der Kabelbleimantel zwar noch etwas angegriffen, mit zunehmender Entfernung aber immer weniger, bis auf etwa 4 m. An allen übrigen Stellen der 20 km langen Strecke zeigte der Kabelmantel ein auffallend gutes Aussehen. Es ist dies um so bemerkenswerter, als die eiserne Umwehrung dem Bleimantel ohne isolierende Zwischenschicht unmittelbar auflag. Der Erdboden bestand überall aus dem gleichen lehmhaltigen Sand mit einem Chlorionengehalt von 0,044 %. Die Rohrstrommessung nach Michalke ergab für die Ermittlung der Korrosionsursache keinerlei Anhaltspunkte, da nach Anlegung des Ringschnittes im Kabelmantel die Stanniolbandumwicklung der einzelnen Adern die Fortleitung der Fremdströme übernommen hatte.

Auf Grund des chemischen Analysenbefundes, der unzweifelhaft auf eine Fremdstromkorrosion hinwies, wurde nach der Herkunft der Fremdströme geforscht, deren Vorhandensein rätselhaft schien. Es ergab sich, daß das Telegraphenkabel an der Korrosionsstelle von drei etwa 50 cm tiefer liegenden Starkstromkabeln (zwei positiven und einem negativen), die zwei Straßenbahnkraftwerke miteinander verbinden, welche 1,5 bzw. 2,2 km von der besagten Kreuzungsstelle entfernt liegen, unterkreuzt wurde. Dort, wo das Telegraphenkabel beschädigt war, verliefen sie, den Wegverhältnissen angepaßt, dem ersteren auf etwa 30 m im Abstande von etwa 3 m parallel. Sie erwiesen sich — sie waren schon lange vor der Auslegung des Telegraphenkabels verlegt worden — als nicht mehr völlig intakt. In diesem beschriebenen Falle hat sich also die chemische Analyse als absolut zuverlässig erwiesen. Es ist durch diesen Fall auch der Beweis geliefert worden, daß unter ähnlichen Verhältnissen nur mit einem Gefahrenbereich der korrodierenden Ströme von allerhöchstens 10 m gerechnet zu werden braucht.

Noch ein zweiter, ebenfalls bisher unveröffentlichter Fall soll beschrieben werden, in dem es allein durch die chemische Analyse möglich gewesen ist, sich Klarheit über das Zustandekommen der Korrosion zu verschaffen. Ein aus dem Fernsprechamt einer Stadt, die auf anstehendem Granit und Gneis erbaut ist, herausführendes Fernsprechkabel zeigte 6 Monate nach seiner Inbetriebnahme an der Stadtgrenze Korrosionsschäden. Bis zu diesem Punkte war das Kabel als Röhrenkabel in einem Zementkanal verlegt, von dort aus setzte es sich als bewehrtes Erdkabel fort. An der Korrosionsstelle verliefen mit ihm im selben Kabelgraben zwei Gleichstromkabel. Das gebildete Korrosionsprodukt bestand aus Bleichlorokarbonat. Die anfänglich gehegte Vermutung, daß eine durch die benachbarten Starkstromkabel hervorgerufene Fremdstromkorrosion vorläge, mußte bald fallen gelassen werden, da die festgestellten Rohrströme nach dem Zerschneiden der beiden Starkstromkabel in unveränderter Stärke weiterflossen. Bei der Weiterverfolgung des durch die chemische Analyse gewiesenen Weges ergab sich schließlich, daß die vagabundierenden Ströme aus dem eigenen Betrieb stammten. Das Fernsprechamt benutzte als „Erde“ ein Kupferdrahtnetz, das unmittelbar hinter dem Hause, etwa 1 m von dem Ausführungspunkt des nackten Kabels entfernt, in der nur etwa 30 cm dicken Bodenschicht flach ausgebreitet eingegraben war. Bei der nur geringen Verwitterungskruste des anstehenden Gesteins flossen die zur Erde abgeleiteten Ströme nicht durch den Boden weiter, sondern in den Kabelmantel, der damit die Aufgabe der „Erde“ übernahm. Der Übertritt der Ströme in das Erdreich erfolgte erst dort, wo das Röhrenkabel in das Erdkabel überging, d. h. an der Korrosionsstelle.

Die zum Schutz der Kabel gegen elektrolytische Anfressungen zu treffenden Maßnahmen haben sich sowohl auf die Kabel selbst wie auf die Anlagen zu erstrecken, denen die vagabundierenden Ströme entstammen. Eine Zusammenstellung dieser Maßnahmen hat das Comité Consultatif International Téléphonique (CCIF) im Jahre 1938 gegeben[21]). Von diesen Maßnahmen seien erwähnt: gute Isolierung des Straßenbahn-Schienennetzes, Niedrighaltung des Spannungsabfalles in den Schienen, elektrische Drainage und der Einbau von isolierenden Zwischenmuffen in den gefährdeten Kabelmantel.

Einen guten Schutz sowohl gegen die Anfressung durch Fremdströme wie gegen die angreifende Wirkung des Erdbodens bzw. der Bodenwässer gewährt nach R. Joseph[22]) die Einhüllung des Bleimantels in Gewebe, die mit einer chemisch indifferenten, wasserabweisenden, nicht verspRödenden, elektrisch nicht leitenden und gegebenenfalls schädlingsvertilgenden Masse beladen sind, wie z. B. mit Vaseline, Paraffin oder Mischungen von Paraffin und Harz einerseits, Arsentrioxyd anderseits.

Im letzten Jahrzehnt ist wiederholt eine Kabelbleimantel-Korrosion beobachtet worden, die sich zwar nicht in die Reihe der durch vagabundierende Ströme hervorgerufenen Korrosionen einordnen läßt, die aber ebenfalls eine elektrolytische Anfressung darstellt. Es handelt sich um eine Korrosion des Kabelmantels auf seiner Innenseite. Sie ist gekennzeichnet durch zahlreiche, große und kleine kraterförmige Vertiefungen von vorwiegend kreisrunder Gestalt, die mit Bleisuperoxyd als Korrosionsprodukt angefüllt sind. Von außen ist den korrodierten Kabelmänteln oftmals, von einem verschwindend kleinen Loch abgesehen, nichts anzumerken, was auf eine schwere Korrosion schließen ließe. Die Korrosion wird durch Ströme verursacht, die vom Kabelmantel auf die Kabel-

[20]) O. Haehnel, Elektr. Nachr.-Techn. 2 (1925) S. 330.

[21]) C. C. I. F. Recommandations, Rom 1937 (révisée 1938).

[22]) R. Joseph, Brit. Pat. 277017 (1927).

adern übergehen. In allen Fällen handelt es sich um Kabel, deren Leitungen mit einer Zentralbatterie (ZB) verbunden sind. Die Zentralbatterie ist stets einpolig geerdet, und zwar in der Regel mit dem positiven Pol. Dadurch haben alle mit der ZB verbundenen Apparate, Leitungen usw. ein Potential gegen Erde, das negativ oder Null ist. Wie in der Arbeit von Haehnel und Klewe „Eigenartige Korrosionen auf der Innenseite der Mäntel von Fernsprechbleikabeln“[23]) ausgeführt ist, kann es bei dieser Anordnung unter gewissen Umständen zu Korrosionen der genannten Art kommen.

Außer den besprochenen chemischen und elektrischen Korrosionsarten gibt es nun noch andere, „mit dem Gebrauch des Werkstoffes nicht notwendig verknüpfte Beschädigungen“ an Kabelmänteln. Man kann sie, weil mit ihnen eine Bildung chemischer Zersetzungsprodukte nicht verbunden ist, zwar nicht als Korrosion bezeichnen, man stellt sie diesen aber zweckmäßigerweise doch an die Seite. Diese Art der Bleimantelbeschädigung beruht auf der interkristallinen Brüchigkeit des Bleis.

Zum erstenmal ist unter Anführung zahlreicher Einzelfälle vom Verfasser hierüber im Jahre 1925 berichtet worden[24]). Infolge von Erschütterungen werden die Bleikristallite aus ihrem Verbande mehr oder weniger gelöst, so daß sich weitverzweigte, interkristalline Risse bilden. In der Praxis wird diese Erscheinung beobachtet an Luftkabeln, Erdkabeln, die in Eisenbahnkörpern oder unter stark befahrenen Straßendämmen verlegt sind, ferner an Kabeln, die sich auf Brücken oder auf Schiffen in nächster Nähe der Maschinen befinden, und schließlich auch an unverlegten, noch auf der Trommel befindlichen Kabeln, wenn sie während des Transportes stark erschüttert oder sonst unsachgemäß behandelt worden sind. Um die Kabelbleimäntel gegen diese Art des Verfalls widerstandsfähiger zu machen, werden sie mit einem oder mehreren anderen Metallen legiert. Legiertes Blei besitzt eine erheblich größere Ermüdungsfestigkeit als unlegiertes Blei. Die 3 % Zinn enthaltenden Bleimäntel z. B. zeigen bei Erschütterungen, wie sie auf Eisenbahnbrücken herrschen, eine 7- bis 10mal so große Lebensdauer wie die Kabelmäntel aus technisch reinem Blei.

Über die interkristalline Brüchigkeit des Bleis und die damit zusammenhängenden Fragen, wie Korngröße, Rekristallisation, Mischkristallbildung usw., sind seit dem Jahre 1925 zahlreiche Arbeiten veröffentlicht worden[25 bis 31]). Es wird auch auf die Zusammenstellung auf Seite 59 der oben erwähnten Arbeit von Chaston verwiesen[31a]). Eine restlose Klärung der Frage, welche Bleilegierung für Kabelmäntel nächst der bewährten Blei-Zinn-Legierung als besonders vorteilhaft und wirtschaftlich zu betrachten ist, konnte aber bis jetzt noch nicht herbeigeführt werden.

Im Anschluß an das interkristalline Brüchigwerden der Kabelbleimäntel ist dann noch auf das Auftreten von Längsrissen einzugehen, eine Erscheinung, die sich vorwiegend an den Mänteln längere Zeit in Betrieb befindlicher Kabel bemerkbar macht. Die der Kabelachse parallel verlaufenden Risse erreichen eine Länge bis zu 40 cm und mehr und heben sich so scharf von der Mantelfläche ab, daß man sie für mit dem Messer ausgeführte Schnitte halten könnte. Wie die metallographische Untersuchung ergeben hat, handelt es sich um ein Aufplatzen der Kabelmäntel in der Preßnaht als Folge von Erschütterungen oder auch von ungleichmäßigen und unzulässigen Erwärmungen. Eingehend ist hierüber in der Arbeit des Verfassers: „Über die Entstehung von Längsrissen in Kabelmänteln“ und andere in den Fachzeitschriften bisher noch nicht beschriebene Mantelschäden[32]) berichtet worden. Die anderen in der genannten Arbeit behandelten Schäden beziehen sich auf das Auseinanderfallen der Bleikristallite während oder infolge der Ausführungen von Lötarbeiten und auf Fehler, die bei der Herstellung des Kabels in der Fabrik begangen werden. Beiträge zu diesem Kapitel haben B. H. Bassett und C. I. Snyder[33]) in ihrer Arbeit „Occurrence of Irregularities in Lead Cable Sheathing and their Relation to Failures“ geliefert.

Seit einigen Jahren kommen in Deutschland Fälle von Beschädigungen an den Bleimänteln von Luftkabeln durch Insekten vor. Wenn diese Schäden auch nichts mit Korrosion zu tun haben, so passen sie doch in den Rahmen dieser Ausführungen hinein und werden daher hier mitbesprochen. Es handelt sich um Bohrgänge, die Käfer bzw. Larven mit Hilfe ihrer Mundwerkzeuge in den Kabelmänteln erzeugen. Was die Tiere veranlaßt, die Löcher in das Blei zu bohren, ist unbekannt, wenn sich auch verschiedene Gründe dafür anführen ließen. Bis jetzt ist innerhalb Deutschlands diese Erscheinung auf Gegenden mit einem verhältnismäßig warmen Klima beschränkt, wie es z. B. für die Oberrheinische Tiefebene gilt. Auch sind hier die festgestellten Schäden bis jetzt noch nicht sehr umfangreich. In außerdeutschen warmen Ländern aber haben sie ein gefährliches Ausmaß angenommen. Eine wertvolle und z. Z. erschöpfende Darstellung dieses Problems hat W. Horn[34]) in zwei umfangreichen Arbeiten gegeben.

Geräte.

Über die an dritter und letzter Stelle zu besprechenden Korrosionen an Apparaten und Geräten ist zunächst zu sagen, daß bei ihrem feinen Aufbau allein schon von seiten der feuchten Luft her die Gefahr einer Korrosion droht. In Räumen, in denen solche Apparate aufgestellt sind, muß daher der relative Feuchtigkeitsgehalt der Luft niedrig und die Temperatur ständig auf gleicher Höhe gehalten werden. Leicht korrodierende Apparatteile, für die eine Belegung mit einer dünnen Metallschicht möglich ist, können durch Vernickeln oder Verchromen vor Korrosion wirksam geschützt werden.

Von der Besprechung solcher Korrosionsfälle, deren Ursache korrosive Stoffe sind, die nur unter außergewöhnlichen Umständen in die Atmosphäre gelangen und als gefährlich allgemein bekannt sein müssen, soll hier Abstand genommen werden, sie sind leicht zu vermeiden. Keinem in Korrosionsfragen bewanderten Techniker wird es z. B. einfallen, in einem Waschraum, in dem mit Chlorkalk gearbeitet wird, einen Fernsprechapparat aufzustellen. Zu besprechen sind aber solche Korrosionen, die auf die Verwendung ungeeigneter, in ihrer Schädlichkeit noch nicht genügend bekannter Hilfsmittel beim Zusammenbau oder der Instandhaltung der Apparaturen und Geräte zurückzuführen sind. Hierher gehören die durch Reste des bei dem Zusammenlöten der Drähte, Spulen usw. verwendeten, Chlorionen enthaltenden Lötmittels verursachten Schäden. An Weckerspulen, die mit Hilfe eines derartigen Lötmittels an die übrige Apparatur angelötet worden waren, wurde wiederholt festgestellt, daß die Lötöse und die ihr benachbarten Teile unter Bildung reichlicher Mengen Kupferchlorides korrodiert waren. Die an dem Aufbau der Spulen beteiligten Stoffe waren völlig frei von Chlorionen. In anderen Fällen handelte es sich um Relaisspulen, die innerhalb einer verhältnismäßig kurzen Zeitspanne stromlos geworden waren. Die Wicklungen waren frei von Korrosionsstellen, aber an den Durchtrittsöffnungen der Adern waren Angriffe er-

[23]) Haehnel u. Klewe, Elektr. Nachr.-Techn. 9 (1932) S. 407.
[24]) O. Haehnel, Elektr. Nachr.-Techn. 2 (1925) S. 74.
[25]) O. Haehnel, Elektr. Nachr.-Techn. 3 (1926) S. 229.
[26]) O. Haehnel, Z. Metallkde. 19 (1927) S. 492.
[27]) O. Haehnel, Elektr. Nachr.-Techn. 8 (1931) S. 77.
[28]) E. Schumaker, Telephony 93 (1927) S. 17.
[29]) P. Dunsheadt u. H. A. Tunstall, J. Instn. electr. Engrs. 66 (1928) S. 280 u. 638.
[30]) S. Beckinsale u. H. Waterhouse, J. Inst. Met. 39 (1928) S. 375.
[31]) E. Kröner, Elektr. Nachr.-Techn. 12 (1935) S. 113.
[31a]) Wie Fußnote 15.
[32]) O. Haehnel, Telegr.-, Fernspr.- u. Funktechn. 24 (1935) S. 179.
[33]) W. H. Basset u. C. J. Snyder, Trans. Americ. Inst. min. metallurg. Engrs. 104 (1933) S. 254.
[34]) W. Horn, Arch. Post Telegr. 61 (1933) S. 165. Physiol. u. angew. Entomol. 1 (1934) S. 291.

folgt. Auch hier bestand das Korrosionsprodukt aus Kupferchlorid bzw. Kupferoxychlorid. Wie weit an den soeben genannten Korrosionen elektrolytische Vorgänge beteiligt gewesen sind, steht dahin.

Als Lötmittel für Arbeiten an so feinen Apparatteilen wie den vorliegenden kommen Zinkchlorid, Salmiak und ähnliche nicht in Frage. Hierfür sind allein Auflösungen von reinstem Kolophonium in Alkohol geeignet. Aber auch bei Verwendung alkoholischer Kolophoniumlösungen sind Korrosionen nicht immer ganz ausgeschlossen, sondern nur dann, wenn das Lösungsmittel restlos von der Lötstelle verdampft. Unter dem Einfluß des an dem kupfernen Lötkolben befindlichen Kupferoxydes können sich während des Lötens aus dem Alkohol geringe Mengen Aldehyd bilden, die, wenn sie auf dem feinen Kupferdraht verbleiben, sich weiter zu Säure oxydieren und dadurch Korrosionen hervorrufen.

Ebenso wie die Lötung erfordert auch die Reinigung der Apparate die größte Sorgfalt. Wenn wegen der Feuergefährlichkeit des Benzins zum Reinigen der Apparate an seiner Stelle Tetrachlorkohlenstoff verwendet wird, so ist Bedacht darauf zu nehmen, daß keine Reste auf den gereinigten Metallteilen zurückbleiben. Sie können sich unter dem Einfluß von Feuchtigkeit zersetzen, wenn auch nur spurenweise, und dabei die außerordentlich korrosive Salzsäure bilden. Es sind verschiedene, auf diesem Wege zustandegekommene Korrosionen in ganzen Relaissätzen zu verzeichnen. Ob auch hierbei elektrische Vorgänge im Spiele gewesen sind, ist ungeklärt geblieben, dafür spricht aber, daß Teile, die dauernd an „Erde" gelegen haben, von der Korrosion verschont geblieben sind, während benachbarte, nicht geerdete Teile ziemlich stark gelitten haben.

Korrosionen, die früher öfter, in letzter Zeit allerdings sehr viel seltener zu beobachten gewesen sind, müssen auf die Verwendung eines ungeeigneten Isolierstoffes zurückgeführt werden. Als ein solcher hat sich die Vulkanfiber erwiesen. Ihre Unbrauchbarkeit hat sich besonders in Gegenden mit sehr häufigen hohen Luftfeuchtigkeitsgehalten gezeigt. Hier sind wiederholt Betriebsschwierigkeiten dadurch aufgetreten, daß die eine Vulkanfiberhülse tragenden Verbindungsstöpsel schadhaft wurden. Unterhalb der Stöpselhülse sind die Kupferlahnlitzen der Schnuradern unter Bildung von Kupferchlorid korrodiert worden. Die zur Bildung des Korrosionsproduktes erforderlichen Chlorionen entstammten der Vulkanfiber, in der sie in großer Menge nachgewiesen worden sind. Auch an anderen Apparatteilen hat sich die Vulkanfiber als ein ungeeignetes Isoliermittel erwiesen. An den Sicherheitsleisten des Hauptverteilers eines Wähleramtes ist mehrmals festgestellt worden, daß die Federn, die gegen die Stifte der Feinsicherungen drücken, an der Berührungsstelle mit den aus Fiber bestehenden Preßspanstreifen unter Bildung von Kupferchlorokarbonat korrodiert wurden. Seitdem Fiberstreifen für diese Zwecke nicht mehr verwendet werden, sind solche Mängel nicht mehr beobachtet worden. Ferner sind zahlreiche Relais immer an derselben Stelle des Kontaktschalters, und zwar an der Berührungsstelle der aus Vulkanfiber bestehenden Flanschen mit dem Werkstoff, auf dem die Spulen aufmontiert sind, korrodiert worden. Die Metallteile waren stets nur dort korrodiert, wo sie mit der Fiber in Berührung standen. Relais, in denen keine Fiber, sondern Pertinax verwendet worden ist, sind in der angegebenen Weise niemals schadhaft geworden.

Nicht nur die Vulkanfiber hat zu Klagen Anlaß gegeben, sondern in verschiedenen Fällen auch Phenolaldehydharzpapiere. In diesen Fällen war der Werkstoff entweder nicht genügend ausgehärtet, oder er enthielt zu viel, mit Wasser leicht auslaugbare Chlor- und Ammoniakionen, die von den Weichmachern herrührten. Betriebsstörende Korrosionen, die auf die Verwendung eines solchen nicht genügenden Phenolaldehydharzpapieres zurückzuführen sind, sind aufgetreten an den Metallfedern der Drehwähler in Selbstanschlußämtern und an Steuerschalter-Kontaktbänken. Es ist möglich, daß auch hier die Korrosionen unter Mitwirkung elektrolytischer Vorgänge stattgefunden haben, erwiesen ist dies aber nicht.

Dubilierkondensatoren von Rundfunkgeräten sind, während sie sich noch auf dem Lager befanden, dadurch schadhaft geworden, daß die Blättchen aus Bleifolie dort, wo sie über die Schnittflächen der Bakelitplatten zurückgebogen waren, unter Bildung von Bleikarbonat korrodiert wurden. An den Schnittflächen des Bakelithartpapieres sind nicht völlig auskondensierte Anteile des Kunststoffes (Phenol) verdunstet und haben ihre schädliche Einwirkung auf das Blei, von der schon weiter oben die Rede gewesen ist, ausgeübt.

An die Isolierpreßstoffe in Form dünner Blättchen oder an Plättchen, die zum Aufbau der Apparatteile des Verstärker- und Selbstanschlußgerätes gebraucht werden, sind sehr hohe Anforderungen zu stellen. Auf Grund der bisherigen Erfahrungen ist zu fordern, daß die Preßstoffe beinahe frei von Chlor- und SO_4-Ionen sind; im Falle der Herstellung von Klemmenplatten, Kabelabschlußgerät und Schaltergehäusen braucht allerdings eine ganz so strenge Forderung nicht erhoben zu werden.

Ebenso wie durch ungeeignete Isolierpreßstoffe können auch Korrosionen durch Papiere verursacht werden, die wasserlösliche Chloride oder Sulfate, wenn auch nur in Spuren, enthalten. Befinden sich z. B. die Drahtlagen eines Relais auf einem solchen Papier, so muß, wie die praktischen Erfahrungen gelehrt haben, mit einer Korrosion der Drahtwicklungen gerechnet werden. Daß der zum Aufkleben des Papiers, das die Spule nach außen abschließt, dienende Klebstoff völlig neutral und unzersetzlich sein muß, versteht sich nach dem Gesagten von selbst.

Korrosionen, die auf die Verwendung eines korrosiven Klebemittels zurückzuführen sind, sind auch früher öfter an Porzellanwiderständen zu verzeichnen gewesen. Die Wicklungsdrähte der Widerstände waren durch zwei Queraufstriche eines aus Wasserglas und gebranntem Kalk hergestellten Klebemittels befestigt worden.

Zum Schluß sei noch einiger Korrosionen gedacht, die auf den ersten Blick verwunderlich erscheinen. Es handelt sich um Korrosionen von Anschlußschnüren für Tischapparate, bei denen auffallenderweise immer nur die braune B-Ader beschädigt worden ist. Die Korrosionen konnten darauf zurückgeführt werden, daß die zur Umspinnung der braunen B-Adern verwendeten Fäden bzw. der Farbstoff, mit dem diese getränkt waren, einen erheblichen Gehalt an Chlorionen aufwiesen. Korrosionen von Leitungsschnüren, die auf eine fahrlässige Behandlung zurückzuführen sind, sind eine leider nicht seltene Erscheinung, gehören aber nicht in den Rahmen dieser Ausführungen.

Eine beachtliche Arbeit, die sich mit den Korrosionen an feineren, elektrischen Meßinstrumenten beschäftigt, ist kürzlich von Lieneweg[35]) in dieser Zeitschrift veröffentlicht worden. Wegen ihrer engen Beziehung zu dem hier behandelten Thema sei auf sie besonders hingewiesen.

Zusammenfassung.

Die an den eisernen Bauwerken und Bauteilen der Fernmeldeanlagen auftretenden Korrosionen bieten grundsätzlich nichts Neues. Zu ihrer Bekämpfung dienen die bekannten Rostschutzverfahren. Einige Sonderfälle erregen größeres Interesse. Die an Freileitungsdrähten beobachteten Korrosionen beschränken sich, soweit es sich um Kupfer- oder Bronzedrähte handelt, auf wenige Ausnahmefälle. Die Drähte aus Aluminium dagegen haben sich noch nicht allgemein als so korrosionsfest erwiesen, daß sie den an sie zu stellenden Ansprüchen vollauf genügen.

Die Korrosion bleierner Kabelmäntel kommt auf zwei verschiedenen Wegen zustande. Im ersten Fall handelt es sich um eine durch die sie berührenden Stoffe herbei-

[35]) Lieneweg, ETZ 60 (1939) H. 21, S. 621.

geführte, chemische Zersetzung, im zweiten Fall um eine elektrolytische Anfressung, zu der Fremdströme, die die Kabelmäntel eine Zeitlang als Leiter benutzen, den Anlaß geben. Zur Unterscheidung dieser beiden Korrosionsarten voneinander dient die chemische Analyse des entstandenen Korrosionsproduktes. Die chemische Behandlung des Korrosionsproblemes hat nicht nur dies wichtige Unterscheidungsmerkmal hervorgebracht, sondern auch Klarheit darüber geschaffen, wie weit sich der Einfluß solcher, den Fernkabeln gefährlich werdender Fremdströme im Erdboden erstreckt. Die in Frage kommenden Schutzmaßnahmen werden besprochen.

Der zwar nicht zu den eigentlichen Korrosionen zu rechnende, interkristalline Zerfall der bleiernen Kabelmäntel infolge von Erschütterungen wird mitbehandelt und unter Anführung der in Frage kommenden Schutzmaßnahmen einer kritischen Betrachtung unterzogen.

Die Zerstörung von bleiernen Kabelmänteln durch Insekten hat sich in Deutschland bisher nur an wenigen Stellen bemerkbar gemacht und hier auch nur im beschränkten Maße. In Ländern mit sehr warmem Klima drohen aber den Kabeln von dieser Seite her ernste Gefahren.

An den feineren Teilen von Fernmeldeaparaten sind wiederholt schwere Korrosionserscheinungen festgestellt worden, die ihre Ursache in der Verwendung ungeeigneter Isolierpreßstoffe gehabt haben. Zu diesen ungeeigneten Stoffen gehört in erster Linie die Vulkanfiber, aber auch andere Preßstoffe sind nicht immer einwandfrei gewesen. Ihre Beschaffenheit muß sorgfältig überwacht werden.

Der Schutzraum von Blitzfang-Vorrichtungen und seine Ermittlung durch Modellversuche.

(Mitteilung aus dem Hochspannungsinstitut Babelsberg der T. H. Berlin.)

Von A. Matthias VDE und W. Burkhardtsmaier, Babelsberg.

(Schluß von S. 687.)

DK 551.594.22.001.5 : 621.315 : 621.316.98

D. Versuche über den Schutzraum einer Fangspitze.

Über die einzelne, im Raum auf einer leitenden Platte stehende Spitze als Fangvorrichtung wurden in bezug auf ihren Schutzraum eingehende Versuche angestellt. Als Probekörper dienten dabei wie bei der vorstehenden Betrachtung senkrechte Spitzen, damit der ungünstigste Fall dargestellt wird. Diese Spitzen wurden in verschiedenen Abständen von der Fangstange angeordnet und so lange verkürzt, bis überhaupt keine Einschläge mehr in sie gingen. Nach den Erörterungen unter C. wäre es wünschenswert gewesen, die Blitzspitze möglichst hoch anzubringen. Andererseits sollte das Modell auch nicht zu klein gemacht werden, um Abbildungsungenauigkeiten nicht zu sehr hervortreten zu lassen. Aus letzterem Gesichtspunkt wurde eine 20 cm hohe Spitze gewählt; dabei mußte zwar die Blitzspitze verhältnismäßig weit gesenkt werden, es wurde jedoch darauf gesehen, daß sie nicht ganz so tief lag, wie noch natürliche Knickstellen bei photographischen Aufnahmen gemäß Abb. 2 und 3 beobachtet worden sind. Damit sollte wenigstens erreicht werden, daß unnatürliche Blitzbahnen so selten wie möglich vorkamen. Die dabei unvermeidliche Überbetonung der Häufigkeit kritischer Blitze bewirkt, daß man eine geringere Schlagzahl braucht, um den Schutzraum zu bestimmen. Bei der Bestimmung dieser Versuchspunkte lagen die drei Spitzen in einer Meridianebene. Nachdem über den zu erwartenden Verlauf der Schutzraumbegrenzungslinie eine größere Zahl orientierender Vorversuche angestellt worden war, wurde die genaue Lage für beide Polaritäten durch je 100 Schläge folgendermaßen ermittelt: In dem für die Blitzspitzenlage ausschlaggebenden Gebiet, das dadurch gekennzeichnet ist, daß in ihm die Einschläge zwischen Erdoberfläche und Modellerhebung streuen, wurden für jeden Versuchspunkt je 100 Schläge gegeben. Aus jeder Versuchsreihe wurden zwei Punkte in Abb. 14 eingetragen. Befand sich die Probespitze im unteren Punkt, so war sie vollständig geschützt, im oberen gingen von den 100 Schlägen noch ein bis zwei in sie. Die Schutzraumbegrenzungslinie ist zwischen diesen beiden Punkten hindurchgezogen.

Man erkennt aus der Abbildung, daß der Schutzraum für beide Polaritäten verschieden ist. Er ist größer, wenn die Erdseite positiv ist. Das entspricht dem weit häufigeren Falle der negativen Blitze. Zum Vergleich ist auf beiden Seiten die 45 °-Linie eingezeichnet, die in dem einschlägigen Schrifttum häufig als Holtzscher[4]) Schutzraum erwähnt wird.

S
Metallplatte
a positive Erdpolarität b negative Erdpolarität

Abb. 14. Schutzraum einer Fangspitze auf einer leitenden Platte.

E. Versuche über Schutzraum und Gefährdung von Freileitungen.

Auf diesem Gebiet wurden zahlreiche Untersuchungen gemacht[5]), bei denen im allgemeinen ein Modellmaßstab von 1 : 100 verwendet wurde. Wenn im folgenden Längenangaben in Zahlen ohne Zusatz des Maßes gemacht werden, so bedeutet die Zahl im Modell cm und in der Natur m. Vorangestellt seien grundsätzliche allgemeine Schutzraumversuche an Hand der beiden Anordnungen 1 f und 1 g die — wie in Abschnitt B. beschrieben — bereits zu allgemeinen Untersuchungen über den Einfluß der Blitzspitzenhöhe verwendet worden sind (s. hierzu Abb. 9). Nunmehr dienten die Erdseile als Fangvorrichtung, das Leiterseil als Probekörper in veränderlicher Lage. Die Sandschicht bis zum „Grundwasserspiegel" hatte die beträchtliche Höhe von 15, was ungünstigen natürlichen Bedingungen entsprach. Die Höhe der Erdseile betrug über der Erdoberfläche 20, über dem Grundwasserspiegel also 35. Die Schlagzahl wurde wegen des großen Umfanges dieser Untersuchungen jeweils nur zu 30 gewählt.

---

[4]) Siehe z. B. Schwaiger, Der Schutzbereich von Blitzableitern, München 1938.

[5]) Die Untersuchung der meisten dieser Mastkopfbilder ist von der Studienges. für Höchstspannungsanlagen bzw. von Mitgliedswerken derselben angeregt worden. Der Studienges. verdanken wir auch finanzielle Unterstützung dieser Arbeiten.

Es wurde bei diesen Versuchen davon abgesehen, die Leiterseile unter Betriebsspannung zu setzen, da in gewöhnlichen Fällen kein starker Einfluß zu erwarten ist[6].

Abb. 15. Schutzraum bei der grundsätzlichen Leitungsanordnung 1 f.

Das Ergebnis der Versuche an der Anordnung 1 f ist in Abb. 15 enthalten. Die Mittelpunkte der eingezeichneten Kreise entsprechen Leiterseillagen; für sie gibt der Grad der Ausfüllung dieser Kreise den Prozentsatz der Leiterseileinschläge an, erhalten bei einer besonders gefährlichen Lage der Blitzspitze, die ähnlich wie in Abschnitt D. bei der Schutzraumbestimmung für eine Fangstange ausgewählt worden ist, und zwar betrug der seitliche Abstand der Blitzspitze vom Erdseil 60; die Höhe der Blitzspitze über dem Erdboden konnte leider nicht höher als 50 bis 60 gewählt werden. Für beide Polaritäten ist zwischen den eingezeichneten Versuchspunkten eine Linie hindurchgelegt, welche die Schutzraumabgrenzung des Erdseils darstellt. Wie man sieht, geht der Polaritätseinfluß für die Leitungsanordnung (ebenes Problem) in demselben Sinne, wie er sich im Abschnitt D. für die Fangstange ergeben hat (rotationssymmetrisches Problem).

Abb. 16. Beispiele von Mastnachbildungen.

Bei der Untersuchung der Anordnung 1 g mit einem Leiterseil zwischen zwei Erdseilen wurde die Blitzspitze in der Mittelebene angebracht. Ihre Höhe über Erdboden konnte zu etwa 70 gewählt werden. Es ergab sich folgendes: Wenn der senkrechte Abstand zwischen Erdseilen und Leiterseil 2 betrug, durften die beiden Erdseile für vollständigen Leiterseilschutz bei negativer Erdpolarität eine gegenseitige Entfernung von 18 haben, bei positiver Erdpolarität sogar von 24. Überraschen könnte vielleicht das wesentlich günstigere Verhalten der Anordnung 1 g gegenüber 1 f. Dieser Unterschied ist aber ganz natürlich. Denn bei 1 f mußten noch seitliche Blitzspitzenlagen berücksichtigt werden, welche bei 1 g durch das zweite Erdseil unschädlich gemacht sind. Bei 1 g wurden noch Versuche mit einer Spitze als Probekörper statt des Leiterseils gemacht, weil der Einwand zu erwarten war, daß das hier besonders günstige Ergebnis leicht durch Unregelmäßigkeiten mit Spitzenwirkung verändert werden könnte. Es ergab sich durch Nachprüfung mit der ungünstigeren negativen Erdpolarität, daß der senkrechte Abstand zwischen Erdseilen und Leiterseil für gleiche Horizontalabstände um ein Drittel vergrößert werden müßte.

Abb. 17. Beispiele von völlig geschützten Mastkopfbildern, maßstäblich.

Abb. 18. Beispiele von gefährdeten Mastkopfbildern, maßstäblich.

Aus den beiden grundsätzlichen Fällen 1 f und 1 g können die Verhältnisse an beliebigen Mastkopfbildern bis

[6] Derartige Untersuchungen sind bereits angestellt und haben gezeigt, wie man, soweit nötig, durch Anbringung von Korrekturen diesem Einfluß Rechnung tragen kann. Hierüber wird demnächst an anderer Stelle berichtet werden.

zu einem gewissen Grad übersehen werden. In Übertragung der Ergebnisse erkennt man die Zweckmäßigkeit, mindestens zwei Erdseile zu verwenden und diese so weit nach außen zu verlegen, daß die noch darüber hinausragenden Leiterseile in dem durch Abb. 15 gekennzeichneten Schutzraum liegen. Wenn sich dann ein erheblicher gegenseitiger Abstand der beiden Erdseile ergibt, ist nachzuprüfen, ob die mittleren Leiterseile noch geschützt sind. Ist das nicht der Fall, so kann man sich durch Höherlegen der Erdseile helfen.

Anschließend soll nun über Untersuchungen an einer größeren Zahl von Leitungsnachbildungen berichtet und im einzelnen an den Ergebnissen gezeigt werden, daß sie im Einklang mit den vorstehenden grundsätzlichen Erkenntnissen stehen. Hierzu dienende Mastabbildungen sind in Abb. 16 an zwei Beispielen gezeigt. Wie in der früheren Arbeit[7]) bereits dargelegt, ist in den meisten Fällen der Einschlag im freien Feld der kritischere, so daß oft darauf verzichtet werden konnte, die Masten genau nachzubilden.

Zunächst sind in Abb. 17 Mastkopfbilder zusammengestellt, welche sich bei der Einzeluntersuchung als geschützt erwiesen haben. Bei 17 b und f befand man sich sehr nahe an der Grenze, wie durch Veränderung der Erdseilhöhe festgestellt wurde. In der Tat liegen bei 17 b die äußeren Leiterseile für die ungünstigere Polarität gerade auf der Schutzraumgrenze nach Abb. 15. Bei 17 f ist das Verhältnis der gegenseitigen Erdseilentfernung zum Höhenunterschied zwischen Erd- und Leiterseilen sogar schon etwas größer, als die Untersuchung der Anordnung 1 g als zulässig ergeben hat. Ein Ausgleich mag aber dadurch zustande gekommen sein, daß die inneren Leiterseile etwas aus der Mitte herausliegen, und vielleicht auch dadurch, daß die sechs nebeneinanderliegenden Leiterseile schroffe Feldkonzentrationen abschwächen. Im Gegensatz zu Abb. 17 sind in Abb. 18 Mastkopfbilder zusammengestellt, welche sich durchaus nicht als geschützt erwiesen haben. Der Vergleich mit den grundsätzlichen Untersuchungen läßt diese Ergebnisse ohne weiteres verständlich erscheinen.

+Pol −Pol a; +Pol −Pol b; +Pol −Pol c; +Pol −Pol d; −Pol −Pol e

Abb. 19. Beispiele von Mastkopfbildern mit geringer Gefährdung.

I II III IV V VI VII VIII; 0 5 10 20 50 100

a positive Erdpolarität b negative Erdpolarität

Abb. 20. Ausführliche Untersuchung des Mastkopfbildes nach Abb. 16 a.

22a 22b 23a 23b −Pol a b c

Abb. 21. Untersuchung einer Mastkopfbild-Entwicklungsreihe.

Weiterhin zeigt Abb. 19 Mastkopfbilder, die zwar auch nicht geschützt sind, für welche aber die Gefährdung gering ist und außer 19 b nur bei negativer Erdpolarität eintritt. Das Mastkopfbild 19 e ist trotz seiner Unsymmetrie nur einmal gezeichnet, weil es nur bei negativer Erdpolarität gefährdet ist. In Abb. 19 sind Linien eingezeichnet, welche Richtungen angeben, aus denen nach den Versuchen Blitze kommen müssen, wenn sie noch Leiterseile treffen sollen. Da diese meist flachen Richtungen aber nur einer geringen Blitzhäufigkeit entsprechen, wirken sie nur in geringem Maße gefährdend. Eine Ausnahme bildet Abb. 19 c, bei welcher die Gefährdung durch steile Blitze verursacht wird. Hier war aber deren relative Trefferzahl nur gering.

Es soll nun an einer Untersuchung gezeigt werden, wie man in solchen Fällen die Gefährdung näherungsweise ermitteln kann, auch wenn die Versuche mit nicht idealer Blitzspitzenhöhe gemacht sind. Diese Ermittlung schließt sich an die diesbezüglichen Ausführungen in Abschnitt C an. Es sind auch die dort gemachten Vor-

[7]) Wie Fußnote 1.

behalte zu beachten. Nun wird eine relative Gefährdungszahl a eingeführt als das Verhältnis der Einschläge in irgendein Leiterseil zur Gesamtzahl der Einschläge in Leiter- und Erdseile.

stimmt. Die Lagen sind in den Abbildungen als Kreise eingetragen, die dann ausgefüllt sind, wenn überhaupt die Trefferzahl von 0 abwich. Bei allen unausgefüllten hat es überhaupt keinen Einschlag in ein Leiterseil gegeben, sondern nur in Erdseile oder in die Erde. In die Abbildung sind nun für beide Polaritäten durch Interpolation gewonnene Kurven eingetragen, welche Blitzspitzenlagen mit gleicher relativer Trefferzahl verbinden. Die äußeren Linien begrenzen das Gebiet, aus welchem überhaupt kein Leiter getroffen werden kann.

Bei positiver Erdpolarität ist dieses Gebiet nach oben geschlossen, das Mastkopfbild ist also für diese Polarität vollkommen geschützt, weil nach den früheren Darlegungen die Stelle, wo sich der Blitz für seine endgültige Bahn entscheidet, wesentlich höher zu erwarten ist (Abschnitt B). Bei negativer Erdpolarität reicht dieses Gebiet bis in große Höhen hinauf; es ist also auf jeden Fall mit Leiterseileinschlägen zu rechnen. Ihre relativen Trefferzahlen, welche die Messungen ergeben haben, sind im unteren Teil sehr hoch, aber genau so unwirklich wie die bei der anderen Polarität innerhalb der geschlossenen Fläche. Mit zunehmender Blitzspitzenhöhe nehmen die Relativwerte zunächst stark ab und nähern sich dann langsam einem Grenzwert, der bei 5 % zu liegen scheint.

Die durch die unnatürlich tiefen Blitzspitzenlagen hervorgerufene Ungleichmäßigkeit der Blitzdichte wird nun durch Vergleich mit Abb. 7 b in die Rechnung eingeführt. Dort ist für eine bestimmte Höhenlage die reziproke Breite der Streifen ein Maß für die in Betracht kommende Blitzdichte N. Die Ausführung der Integration mit variablem N und z kann wesentlich vereinfacht werden dadurch, daß man (beim ebenen Problem) von gleicher Streifenbreite in großer Höhe ausgeht, weil dann die Gesamtblitzzahl für alle Streifen gleich und von der Höhenlage unabhängig ist, also vor das Integralzeichen gesetzt werden kann. Es bleibt dann nur noch die Aufgabe, die relative

1 2 3 4

Abb. 22 a betrifft Mastkopfbild 21 a

1 2 3 4

Abb. 22 b betrifft Mastkopfbild 21 a

1 2 3 4

Abb. 23 a betrifft Mastkopfbild 21 b

1 2 3 4

Abb. 23 b betrifft Mastkopfbild 21 b

Abb. 22 u. 23. Aufnahmen zu Abb. 21 mit den dort näher bezeichneten Blitzspitzenlagen. Negative Erdpolarität. (Näheres s. Text auf S. 725.)

Diese Untersuchungen sind an dem Mastkopfbild Abb. 16 a durchgeführt und in ihren Ergebnissen in Abb. 20 dargestellt. Bei jeder Polarität wurden der Blitzspitze eine große Anzahl von verschiedenen Lagen gegeben, und zwar von hohen bis unnatürlich tiefen; für jede dieser Lagen ist die relative Trefferzahl z für Leiterseile be-

Trefferzahl z über die Gesamtzahl der in Betracht kommenden Streifen zu summieren.

Zur Übertragung der Streifenbreiten aus Abb. 7 b auf Abb. 20 sind zunächst zueinandergehörige Höhenlagen festzulegen. Da Abb. 20 mit Sandschicht, 7 b ohne Sandschicht aufgenommen ist, werden die Höhen zum Ausgleich in Abb. 20 von der Mitte der Erdschicht aus gerechnet. Die Untersuchung wurde durchgeführt für 2,5fache Masthöhe, gerechnet von dieser Ausgangshöhe bis zum Erdseil. In dieser Vergleichshöhe ist in Abb. 20 eine Horizontale eingetragen, auf welcher die Streifeneinteilung durch Querstriche gekennzeichnet ist. Wie man sieht, liegt das ganze Gebiet, in welchem z von 0 abweicht, innerhalb des achten Streifens. Um auf jeden Fall sicher zu gehen, bewerten wir den Streifen in seiner ganzen Breite und noch dazu mit dem hochgegriffenen Durchschnittswert $z = 5\,\%$.

a

b

Abb. 24. Aufnahmen zu Abb. 19 b.
a positive Erdpolarität, b negative Erdpolarität.
Abgeschnittene Entladungen.

Wir müssen nun dieselbe Betrachtung anstellen für die Erdseile und Leiterseile zusammen. Wir können dabei anknüpfen an eine frühere Betrachtung, wonach der höchste Punkt allein für das Gesamtgebilde maßgebend ist, wenn die zu schützenden Gebilde unterhalb der Dachfläche mit der Neigung 1 : 4 liegen (Abb. 13). Dieser Fall liegt hier vor. Die Breite des Gefährdungsstreifens ist also ungefähr gleich der vierfachen Höhe der Fangvorrichtung (siehe Abb. 7 b). Das entspricht acht Streifen. Die relative Gefährdungszahl a ergibt sich nun durch Verhältnisbildung zu

$$\left(\frac{7 \cdot 0 + 1 \cdot 5}{8}\right)\% = \frac{5}{8}\,\%.$$

Das Ergebnis bedeutet, daß nur damit zu rechnen ist, daß von 160 Blitzen, welche die Leitung überhaupt treffen, einer in ein Leiterseil geht.

Die hier angewendete ausführliche Behandlung kann für gewöhnliche Fälle ersetzt werden durch eine bildliche Darstellung, aus welcher man bei einiger Übung die Gefährdung der Leitung überblicken kann. In den Abb. 9 bis 11 sind Blitzspitzenlagen durch Kreise angedeutet, wobei der Grad der Ausfüllung dieser Kreise die relative Trefferzahl für ein bestimmtes Objekt angab. Man kann diese Darstellung allgemein für Leitungen anwenden und dabei die relativen Trefferzahlen für Leiterseile, Erdseile und Erdboden durch verschiedenartig ausgefüllte Kreissektoren kennzeichnen.

Dieses Verfahren wird im folgenden Fall angewendet: In Abb. 21 ist an einem Beispiel entwickelt, wie eine Leitung, bestehend aus drei horizontal nebeneinanderliegenden Leiterseilen, bezüglich des Erdseilschutzes stufenweise verbessert worden ist[8]). Abb. 21 a zeigt sie noch mit einem Erdseil in der Mitte. Die Versuchsergebnisse sind durch die Kreisdarstellung ohne weiteres überblickbar. Die Ausrechnung der relativen Gefährdungszahl ergab 10 %. In Abb. 21 b sind in derselben Höhenlage zwei Erdseile verwendet. Die Kreisdarstellung zeigt bereits wesentlich günstigere Verhältnisse, die relative Gefährdungszahl ergab sich kleiner als 3 %.

Abb. 25. Aufnahme zu Abb. 19 c.
Positive Erdpolarität.
Rechts: zur Erde gehende Hauptentladung.

Durch eine geringe Vergrößerung des gegenseitigen Erdseilabstandes wurde das Ergebnis Abb. 21 c erhalten mit einer Gefährdungszahl, die unter 1 % liegt. Dieses Mastbild ist übrigens das in Abb. 16 b bereits gezeigte.

Derartige Gefährdungsrechnungen sind für eine Reihe von Mastkopfbildern durchgeführt worden (Zahlentafel 1).

Zahlentafel 1.

Mastkopfbild nach Abb. 18	a	b	c	d	e
relative Gefährdungszahl in %	10	35	10	40	15

Alle diese Werte sind zwar ermittelt bei der ungünstigeren, jedoch seltener vorkommenden negativen Erdpolarität. Es ist aber zu beachten, daß bei großen Werten

[8]) Die Anregung zu dieser Untersuchung verdanken wir der Vereinigung der Elektrizitätswerke Finnlands, welche auch das Modell 16 b zur Verfügung gestellt hat.

der relativen Gefährdungszahl auch für die andere Polarität nicht mit sehr viel kleineren Werten gerechnet werden darf.

Die Freileitungsuntersuchungen sind mit einer Sandschichthöhe von 12 bis 15 gemacht worden. Vergleichsweise wurde noch am Mastkopfbild Abb. 18 a der Einfluß der Sandhöhe dadurch nachgeprüft, daß ein Kontrollversuch mit leitender Erdoberfläche gemacht worden ist. Dabei ging die mit der Sandschicht gemessene Gefährdungszahl von 10 % auf etwa 4 % zurück. Dieser starke Rückgang ist darauf zurückzuführen, daß seitliche Blitze leichter in die gutleitende Erdoberfläche schlagen. In Fällen, in denen es sich um die Gefährdung von Leiterseilen zwischen zwei Erdseilen handelt (Anordnung 1 g), kann dagegen die Höhe des Grundwasserspiegels kaum einen nennenswerten Einfluß auf die Gefährdungszahl haben.

F. Photographische Aufnahmen an Freileitungsmodellen.

Zur besseren Beurteilung der Versuche, über die im vorstehenden berichtet worden ist, seien von den zugehörigen photographischen Aufnahmen einige bemerkenswerte wiedergegeben. Wie bereits in der früheren Arbeit gezeigt, sind derartige Bilder wichtig für die Beurteilung des Polaritätseinflusses, besonders für die Rolle, welche die entgegenwachsenden Entladungskanäle für die Entscheidung über die Einschlagstelle spielen.

Für die mit negativer Erdpolarität untersuchte Mastentwicklungsreihe der Abb. 21 sind in Abb. 22 und 23 solche Bilder zusammengestellt. Zur Kennzeichnung der zu jeder photographischen Aufnahme gehörigen Versuchsbedingungen sind in Abb. 21 an die entsprechenden Blitzspitzenlagen die Abbildungsnummern der Aufnahmen angeschrieben. Die nur durch Ziffern unterschiedenen Bilder einer Horizontalreihe sind Wiederholungen eines Versuchs mit derselben Blitzspitzenlage.

Mastkopfbild 21 a. Abb. 22 a zeigt drei von neuen Erdseileinschlägen unter *1* bis *3* und den einzigen Leiterseileinschlag unter *4*. Abb. 22 b zeigt von sämtlichen 15 Leiterseileinschlägen vier.

Mastkopfbild 21 b. Abb. 23 a zeigt von 18 Erdseileinschlägen drei unter *1* bis *3* und von zwei Leiterseileinschlägen einen unter *4*.

Bei dem zu Abb. 23 b gehörigen Versuchspunkt streuten die Einschläge zwischen Erdseil, Leiterseil und Erde. Von den Bildern zeigt das erste einen Einschlag in den Erdboden, das zweite in das Leiterseil, das dritte einen gegabelten Blitz, der gleichzeitig mit je einem Ast Leiterseil und Erdboden trifft, das vierte sogar einen gegabelten Blitz, welcher Erdseil und Erde unter Umgehung des dazwischenliegenden Leiterseils trifft.

Auf die Untersuchung des Mastkopfbildes 19 b mit seitlichen Blitzen bezieht sich die Abb. 24. Hier sind für beide Polaritäten Entwicklungsstufen der Blitzbahn vor ihrem Zusammenschluß gezeigt. (Das Verfahren zur Erzeugung solcher „abgeschnittenen Entladungen“ ist in dem früheren Aufsatz[9]) beschrieben.) Für beide Polaritäten zeigen sich sowohl am Erdseil als auch am herausragenden Leiterseil starke Gegenentladungen mit bemerkenswertem Polaritätsunterschied. Eine entsprechende Aufnahme mit seitlichen Blitzen am Mastkopfbild 19 c bei positiver Erdpolarität zeigt Abb. 25. Wieder treten am Erdseil sehr starke Gegenentladungen auf, an dem kaum erkennbaren Leiterseil nicht.

a b c

Abb. 26. Aufnahmen zur Abb. 19c. a positive, b u. c negative Erdpolarität.
Über der Mitte: ankommender Blitz.

a b

Abb. 27. Einfluß der Höhenlage außenliegender Erdseile.
Negative Erdpolarität.
a Mast nach Abb. 19c, b Mast nach Abb. 17f.

Das Mastkopfbild 19 c hatte sich bezüglich der von oben kommenden Blitze dadurch ausgezeichnet, daß es bei positiver Erdseite völlig geschützt, bei negativer noch etwas gefährdet war. Abb. 26 a zeigt für positive Erdpolarität, daß hier zwar Leiterseile noch nicht getroffen werden, daß aber schon stark ausgeprägte Gegenentladungskanäle von ihnen ausgehen, während der gegabelte Blitz die beiden Erdseile gleichzeitig trifft. Für negative Erdpolarität zeigen Abb. 26 b und c zwei Aufnahmen. Bei der ersten geht ein gegabelter Blitz gleichzeitig in ein Erdseil und ein Leiterseil. Die zweite zeigt

[9]) Siehe Fußnote 1.

einen kurz vor dem Zusammenschluß abgeschnittenen Blitzschlag, der ins Erdseil gehen wollte.

Zur Beseitigung der bei diesem Mastkopfbild 19 c noch verbliebenen Gefährdung wurde durch Erhöhung des Vertikalabstandes zwischen Erdseil und Leiterseil von 1,5 auf 2,5 das Mastkopfbild 17 f geschaffen. Um zu zeigen, daß dadurch die Gefährdung auch bei negativer Erdseite verschwand, sind in Abb. 27 Aufnahmen mehrerer Blitzeinschläge eines Versuchspunktes mit einheitlicher Blitzspitzenlage in der Mittelachse wiedergegeben. Hier erscheinen sämtliche Schläge eines Versuchs auf demselben Bild. Abb. 27 a zeigt, daß bei niedrigem Erdseil noch eine größere Anzahl (etwa 15 %) der Blitzschläge in mittlere Leiterseile gehen; Abb. 27 b, die nach der Erdseilerhöhung aufgenommen ist, zeigt vollständigen Schutz.

G. Zusammenfassung.

Zu Modellversuchen nach dem früher beschriebenen Verfahren benutzt man zweckmäßig Blitzspitzenhöhen von etwa dem Acht- bis Zehnfachen der größten Modellerhebung. Geringere Werte können bei positiven Blitzen, also negativer Erdpolarität, den unteren Teil der Blitzbahn unnatürlich in ihrem Verlauf und unrichtig in ihrem physikalischen Verhalten machen. Sie führen auch zu einer zahlenmäßigen Überbetonung von schräg einfallenden Blitzen, die man aber nach einem mitgeteilten Verfahren bei der rechnerischen Ermittlung der Gefährdung wieder ausgleichen kann. Bei negativen Blitzen, also positiver Erdpolarität, müßte die Blitzspitze eigentlich noch höher angebracht werden; es erscheint aber fraglich, ob dann die Stromspannungsverhältnisse des Blitzes noch naturähnliche sind. Bezüglich des Polaritätseinflusses zeigt sich deutlich eine stärkere „anziehende Wirkung“ einer Erhebung bei positiver Erdpolarität. Es ist aber zu beachten, daß dies sowohl für zu schützende Objekte als auch für Fangvorrichtungen gilt. Daher wird man in der Regel das Modell mit beiden Polaritäten untersuchen müssen.

Hundertprozentigen Schutz zu verlangen ist wegen des weitreichenden Streueffektes nicht wirtschaftlich und bei der Seltenheit eines Blitzeinschlages für normale Fälle auch wohl kaum nötig. Zur Bestimmung eines solchen idealen Schutzraums durch Modellversuche braucht man übrigens auch eine sehr große (theoretisch unendliche) Anzahl von Schlägen. Anhaltspunkte für praktisch ausreichenden Schutz sind für grundsätzliche Anordnungen aus den Abb. 14 und 15 zu entnehmen; dort ist auch der Vergleich mit der 45 °-Linie gezogen.

Als Maß für die Gefährdung irgendeiner Erhebung gibt man zweckmäßig die Größe einer Fläche an, welche in der Ebene von der gleichen Zahl von Blitzen getroffen würde, unter der Voraussetzung einer bestimmten Blitzdichte (d. h. Zahl von Blitzen je Flächeneinheit in einem bestimmten Zeitraum) über der ungestörten Ebene. Eine so definierte Gefährdungsfläche kann man sowohl für das zu schützende Objekt als auch für dieses und seine Fangvorrichtung gemeinsam ermitteln. Der Quotient beider Gefährdungen ist dann die relative Gefährdung des nicht völlig geschützten Objektes.

An Hand umfangreicher Versuchsunterlagen, die sich größtenteils auf Freileitungen beziehen, werden für praktische Fälle Angaben über Schutz und restliche Gefährdung gemacht. Die Ergebnisse sind durch photographische Aufnahmen von künstlichen Blitzeinschlägen veranschaulicht.

Temperaturfehler von Induktionszählern.

DK 621.317.785.088.22

In einer umfangreichen Arbeit[1]) untersucht Baglione die Temperaturabhängigkeit der Induktionszähler und beschreibt die Mittel zum Ausgleich der Temperaturfehler. Nach dem in den V. S. Amerika üblichen Verfahren werden die Temperaturfehler in solche der Klasse I, welche die Größenänderung der Flüsse, und in solche der Kasse II, die die Phasenänderung betreffen, und daher zusätzliche Fehler in Abhängigkeit von der Phasenverschiebung des Netzes verursachen, eingeteilt. Als Ursachen für die Fehler der Klasse I werden folgende aufgeführt: Abnahme des Bremsflusses des Dauermagneten. Diese Tatsache wurde lange Zeit als einzige Ursache für die Plusfehler bei $\cos\varphi = 1$ bei Erwärmung angesehen, bis Kinnard u. Faus durch Versuche mit konstanten Elektromagneten nachwiesen, daß auch eine Zunahme der Triebflüsse stattfindet, bedingt durch Abnahme der als Gegen-AW wirkenden Scheibenströme und der Ströme in Kurzschlußwindungen, die zur Phasenabgleichung dienen. Von untergeordneter Bedeutung ist dagegen die Abnahme des Spannungsflusses Φ_u infolge Zunahme des Widerstandes der Spule, die Änderung der Eisenverluste und der Permeabilität und mechanische Formänderungen, die sich als Luftspaltänderungen bemerkbar machen können. Für die Fehler der Klasse II ist vor allem die Widerstandsänderung der Spannungsspule verantwortlich zu machen sowie die Änderung des Widerstandes sekundärer Belastungen. Es ergibt sich daraus eine Abnahme des Winkels zwischen Φ_u und U. Der Winkel Φ_I/I ändert sich ebenfalls, aber weniger. Somit wird bei Erwärmung der Winkel $\Phi_u\,\Phi_I$ kleiner. Das Ergebnis ist, daß der Zähler bei kapazitiver Belastung größere Plusfehler zeigt als bei $\cos\varphi = 1$, bei induktiver Belastung kleinere bzw. Minusfehler und zwar um so mehr, je kleiner der Leistungsfaktor ist. In einer Tafel werden die verschiedenen Einflüsse zusammengestellt. Es folgt eine zahlenmäßige Berechnung der Fehler für eine bestimmte Type, wobei sich der Verfasser an die Rechenweise von Callsen[2]) anlehnt. Unter den Ausgleichmitteln für die Fehler der Klasse I werden solche, die das Bremsmoment und solche, die das Drehmoment beeinflussen, unterschieden. Zu den ersteren gehört die Anbringung eines magnetischen Nebenschlusses aus einer Wärmelegierung mit negativem Temperaturkoeffizienten der Permeabilität (Fe—Ni Verbindung, Thermalloy) am Magnet; Anbringen einer solchen Wärmelegierung zwischen zwei Magneten oder ein Polansatz aus Wärmelegierung, ferner die Verschiebung eines Polstückes durch Bimetall. Zu letzteren gehören Hilfswicklungen mit verschiedenen Temperaturkoeffizienten in Reihe und parallel zur Stromwicklung, bimetallischer Rückschluß am Spannungseisen und Wärmelegierungsstücke im Pfad des Stromtriebflusses. Bei letzterer Anordnung wird allerdings übersehen, daß dabei auch die Phasenlage des Flusses beeinflußt wird, weshalb diese Ausführung gleichzeitig die Fehler der Klasse II ausgleicht. Für die Klasse II werden als Ausgleichmittel erwähnt: Widerstand mit negativem Temperatur-Koeffizienten vor der Spannungsspule; bewickelter Kern aus Wärmelegierung, erregt von einer Sekundärwicklung auf dem Spannungseisen; Unterteilung des Rückschlusses zum Spannungseisen in zwei parallele Pfade, deren einer Wärmelegierung enthält, während der andere mit einer Kurzschlußwindung belastet ist und magnetischer Nebenschluß aus Wärmelegierung, der einen Luftspalt im Stromeisen überbrückt. Der Aufsatz erwähnt ferner noch einige Temperaturausgleichmittel für Spitzenzähler mit mechanischem Gegendrehmoment und für Ferrarismotoren. *Be.*

[1]) G. Baglione, Elettrotecnica 25 (1938) S. 906; 16 S., 44 Abb.

[2]) Callsen, Arch. Elektrotechn. 23 (1923) S. 40.

RUNDSCHAU.

Lichttechnik.

DK 621.325.53 : 538.561.029.5

Punktlichtlampen als Schwingungslampen.

Hochfrequente Schwingungen kann man durch den Lichtbogen in der bekannten Poulsen-Schaltung erzeugen. Während mittels mechanischer Unterbrecher infolge deren Trägheit nur einige hundert Schwingungen in der Sekunde erzielt werden, erhält man mittels Lichtbogen ungedämpfte Schwingungen von mittlerer Frequenz.

Vor Jahren wurde für diesen Zweck eine Wolframbogenlampe (Schwingungslampe) mit einer Schalteinrichtung für den Schwingungskreis entwickelt. Da diese Schwingungslampe heute nicht mehr hergestellt wird, kann hierfür die handelsübliche Punktlichtlampe verwendet werden. Dieses sind Bogenlampen mit einem in Stickstoff zwischen Wolframelektroden brennenden Lichtbogen, wobei die Wolframelektroden als punktförmige Lichtquelle dienen. Für die Schwingungserzeugung kann man Gleichstrom- und auch Wechselstromanschluß verwenden, wofür besondere Lampenarten bestehen. Nach der in der Abb. 1 gezeigten Schaltung wird die Punktlichtlampe mit dem vorgeschriebenen Vorschaltwiderstand an das Gleich- oder Wechselstromnetz angeschlossen. Der Schwingungskreis ist parallel zum Lichtbogen mit den beiden Polen am Lampensockel über einen Schalter verbunden.

Abb. 1. Schaltung der Punktlichtlampe.

Wichtig hierbei ist, daß der Schwingungskreis erst dann zugeschaltet wird, wenn der Lichtbogen sich völlig ausgebildet hat; das bedeutet, daß die Punktlichtlampe mindestens eine Minute lang brennen muß, andernfalls reißt der Lichtbogen beim Einschalten des Schwingungskreises ab.

Die oben geschilderte Anordnung hat sich in einigen Versuchen gut bewährt. Die Lebensdauer der Lampen erreicht bei der zulässigen Belastung ihren bei Verwendung als Lichtquelle angegebenen Wert. A. Ihln und Th. Palka.

Elektrische Antriebe.

DK 621.34.025 : 621.63

Wechselstromantriebe für Lüfter. [Nach J. Titterington, Electr. Engng. 7 (1939) S. 352; 3 S., 5 Abb.]

Lüfterantriebe müssen nach den vorliegenden Arbeits- und Betriebsbedingungen ausgestaltet werden. J. Titterington bringt zusammenfassende Gesichtspunkte für die Auswahl der verschiedenen Wechselstrommotoren und unterteilt die Lüfterantriebe in solche, bei denen eine Geschwindigkeitsregelung nicht erforderlich ist, bei denen zwei oder mehrere Geschwindigkeitsstufen den Betriebserfordernissen genügen und in solche, bei denen eine stetige Drehzahlregelung nötig wird. Für die Lüfter mit einer einzigen Arbeitsgeschwindigkeit haben sich Käfigläufermotoren gut bewährt; sie werden je nach Größe und Netz unmittelbar, über Spartransformatoren, bisweilen auch über Stern-Dreieck-Schalter angelassen. Zu häufiges und zu langes Anlassen muß wegen der dabei auftretenden Käfigerwärmung vermieden werden. Bei größeren Einheiten hat der Doppelkäfigläufer mit einer Anlaß- und einer Arbeitswicklung bessere Anlaufverhältnisse. Wenn es die Betriebserfordernisse notwendig machen, müssen größere Antriebe mit Schleifringläufern ausgeführt werden, bei denen das Anlaufen durch Einschalten von Widerständen in den Läuferkreis weich ausgeführt werden kann und in gleicher Weise eine, allerdings verlustbehaftete Drehzahlregelung möglich ist. Antriebe für zwei oder mehrere feste Geschwindigkeiten werden meist als Kurzschlußläufer mit Polumschaltung der Ständerwicklung gebaut. Durch Unterteilen der Ständerwicklung in Abschnitte oder Ausführen verschiedener Wicklungszüge in dem gleichen Gehäuse lassen sich im allgemeinen vier Geschwindigkeitsstufen ohne Schwierigkeit ausführen. Oft erlaubt ein Riementrieb, die höheren Wirkungsgrade von schneller laufenden Käfigläufermotoren auszunutzen. Bisweilen ist für eine Drehzahlregelung der Arbeitswelle eine zwischen diese und den Käfigläufer geschaltete Flüssigkeitskupplung günstig, wofür als Beispiel der Lüfterantrieb eines Windkanals angegeben wird. Bei lange Zeit durchlaufenden Antrieben mit fester Geschwindigkeit sind synchrone Induktionsmotoren wegen der Möglichkeit des Phasenschiebens überlegen. Für Sonderantriebe mit längeren Betriebszeiten bei hoher und abwechselnd niedriger Geschwindigkeit haben sich Kaskadenantriebe, bestehend aus einem Haupt- und einem Hilfsmotor, hinsichtlich des Wirkungsgrades in einzelnen Fällen bewährt. Höchste Anforderungen an Regelbarkeit erfüllen die regelbaren Kommutatormaschinen, die aber infolge höherer Kosten und Wartungserfordernisse betrieblich benachteiligt sind. Von allen Antrieben erscheint der Käfigläufer wegen seiner Einfachheit des Aufbaues und der Bedienung überlegen, während der Schleifringläufer höhere Verluste hat, aber elastischere Arbeitsweise ermöglicht. Nach Lage des Einzelfalles ist die Antriebsart sorgfältig abzuwägen. *Tsch.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.385.1.032.73 : 621.396.97

Vollglasröhren. [Nach Wireless Wld. 44 (1939) S. 155; 2 S., 7 Abb.]

In den letzten Jahren, die für die Röhrenentwicklung ungemein fruchtbar waren, hörte man immer wieder von Allglasröhren, vornehmlich amerikanischer Herkunft. Vereinzelte Typen erschienen auch tatsächlich auf dem Markt und wurden in den Fachzeitschriften ausführlich besprochen.

Nunmehr kommt man auch in Europa mit solchen Allglasröhren heraus, für die soeben die ersten Daten veröffentlicht werden. Die hauptsächlichsten Merkmale der neuen Röhren sind die folgenden: Der Fuß aus Preßstoff der früheren Röhren ist durch einen maschinengepreßten Glasfuß ersetzt worden, der schon die Eisenchrom-Elektrodenzuführungen trägt. Glashaube und Glassockel sind in Form eines Flansches miteinander verschmolzen (Abb. 2, *C*). Der Pumpstutzen *E* ist ein Teil des Glassockels, und sowohl der Glassockel als auch der Pumpstutzen sind durch einen Metallüberzug *F* in Abb. 3 geschirmt. Wie aus Abb. 3 zu erkennen ist, bildet dieser metallische Überzug auch eine Abschirmung für das Steuergitter G_1.

A Glasunterteil *C* Flansch
B Glashaube *D* Getter

Abb. 2. Querschnitt und Sockelansicht der Allglasröhre.

F Metallschirm G_1 Steuergitter
H Führungsbolzen

Abb. 3. Systemaufbau der Allglasröhre.

Ein Führungszapfen H ist vorgesehen. Abb. 4 zeigt die Verteilungsplatte für die Elektrodenherausführungen des vertikal stehenden Systemes. Zum Vergleich ist in Abb. 5 die Elektrodenherausführung bei einer Röhre der roten Serie gezeigt. Sockelstifte gibt es also bei dieser Ausführung der Röhre nicht mehr, damit fällt auch das Verlöten der Zuführungen in den Sockelstiften weg. Die Röhre selbst wird mit Hilfe eines

Abb. 4. Links: Sockelaufbau der Allglasröhre; rechts: Sockelaufbau der „roten Röhre".

Bajonettverschlusses im Sockelhalter festgehalten und sitzt unverrückbar fest, gleichgültig in welcher Lage die Röhre in den Empfänger eingebaut wird. So war es möglich, die Zuführungen auf nahezu die Hälfte ihrer ursprünglichen Länge zu verkürzen. Abb. 6 zeigt diese Verbesserung deutlich. Links erkennt man die Elektrodenherausführung und den Sitz des Kontaktsockels im Kontaktsockelhalter, wie er bei der roten Serie üblich ist, rechts die neue Ausführung. B ist die Sockelhalterfeder, A die Elektrode, und ihre Herausführung hat die Form eines festen Chromeisenstiftes.

Abb. 5. Elektrodenherausführung bei der „roten Serie" (Quetschfußaufbau).

A Elektrode *B* Sockelfeder

Abb. 6. Vergleich der Herausführungen. Links „rote Röhre", rechts Allglasröhre.

Die neuen Röhren sollen im Kurzwellenbereich besondere Vorteile besitzen. So besteht für die Röhre EF 50 die Möglichkeit, die Toleranzen für die Eingangs- und Ausgangskapazität auf ± 0,2 pF zu verringern. Ebenso soll — bedingt durch den Glassockel und seine guten dielektrischen Eigenschaften — die Frequenzverwerfung wesentlich geringer sein als bei allen bisher bekannten Röhrentypen. Es werden folgende Zahlen genannt (Zahlentafel 1):

Zahlentafel 1. Frequenzabweichung (Meßfrequenz : 15 MHz bei 25° C).

Röhrentype	Zeit, die notwendig ist, um die Gesamtabweichung zu erreichen min	Gesamtabweichung kHz
EK 2 (Sockel aus Preßstoff)	12,0	4,4
EK 2 (Glassockel)	9,5	2,7
ECH 11 (Deutsche Stahlröhre)	11,8	5,5

Das Getter wird oben in der Glashaube angebracht (Abb. 2, D) und hat keinen Einfluß mehr auf das System.

Als weiterer Vorteil wird angeführt, daß die neuen Röhren sehr günstige Außenabmessungen haben und sehr leicht sind. In der Zahlentafel 2 sind vergleichsweise die Außenabmessungen und die Gewichte von einzelnen Röhrentypen angegeben.

Zahlentafel 2.

Röhrentype	EF 9 (rote Serie)	EF 50 (Allglas)	EF 11 (Stahlröhre)
Länge . . . . mm	86	60	55
Durchmesser . mm	30	32,9	42,5
Gewicht . . . g	24	28	46

F. C. S.

Theoretische Elektrotechnik.

DK 537.29 : 537.533.79

Die Fokussierung geladener Teilchen durch einen sphärischen Kondensator. [Nach E. M. Purcell, Phys. Rev. 54 (1938) S. 818; 8½ S., 5 Abb.]

Bekanntlich ist es möglich, ein divergent und tangential in einen Zylinderkondensator eintretendes Bündel von Teilchen gleicher Ladung und Geschwindigkeit durch passende Wahl der Kondensatorspannung zu fokussieren[1]). Im Hinblick auf einen Vorschlag von E. W Aston[2]) kann theoretisch gezeigt werden, daß auch ein Kugelkondensator bei tangentialem Einfall ein von einer punktförmigen Strahlenquelle ausgehendes Bündel von Teilchen gleicher Energie wieder auf einen Punkt zu vereinigen vermag. Eine derartige Anordnung ist wegen der verhältnismäßig großen ausnutzbaren Apertur als Monochromator bzw. Energieanalysator geeignet. In der für Elektronen gebauten Ausführung nach Abb. 7 bedeuten K eine Glühkathode

A Elektronenauffänger, *G* Glasgefäß, *K* Glühkathode, P_1, P_2 Pole des Kondensators, *St* Elektronenstrahl

Abb. 7. Sphärischer Kondensator zur Fokussierung geladener Teilchen.

besonderer Form, A einen längs der Rohrachse beweglichen Auffänger, St den Elektronenstrahl, P_1 P_2 die aus Kupfernetz bestehenden Pole des fokussierenden Kugelkondensators, der in einem Raumwinkel von 90° von den Elektronen durchflogen wird, und G das in der Mitte kugelförmig aufgeweitete Glasgefäß. Die ausnutzbare Strahlapertur ist 0,2, die „reduzierte Dispersion" 1010, die zur Fokussierung erforderliche Kondensatorspannung 0,315 der Anodenspannung bzw. der Voltgeschwindigkeit der eintretenden Elektronen. *Kll.*

Physik.

DK 537.228.1.001.5

Die elektrischen Ersatzgrößen von piezoelektrischen Kristallen und ihre Messung. [Nach R. Günther, Z. Hochfrequenztechn. 50 (1937) S. 200; 4 S., 5 Abb.]

In der Arbeit wird ein Verfahren zur Messung der Ersatzgrößen eines Schwingkristalls beschrieben. Durch Zuschaltung einer bekannten Kapazität C_z in Reihe mit dem Kristall

[1]) A. L. Hughes u. V. Rojansky, Phys. Rev. 34 (1929) S. 284.
[2]) Phil. Mag. 19 (1938) S. 710.

wird zunächst eine Änderung der Eigenfrequenz des Kristalls verursacht, deren Größe als Überlagerungston gemessen wird. Rechnerisch ergibt sich bei der Annahme kleiner Frequenzänderungen deren relativer Betrag zu $\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{1}{2} \frac{C_k}{C_0 + C_z}$, wenn C_k die Ersatzkapazität und C_0 die Parallelkapazität im Ersatzbild ist. Damit erhält man für die Ersatzkapazität die Gleichung $C_k = \frac{2 \Delta f}{f_0} (C_0 + C_z)$ (1) und kann diese aus der gemessenen Frequenzänderung Δf, der bekannten Eigenfrequenz f_0 und der durch die Ausmaße des Kristalls mit der Gleichung $C_0 = \frac{\varepsilon}{4 \pi} \frac{l b}{d}$ (cm) gegebenen Parallelkapazität berechnen, wobei b, l und d in cm gemessen werden. Die Ersatzinduktivität L_k kann dann aus C_k und f_0 über die Gleichung $f_0 \frac{1}{2 \pi \sqrt{L_k C_k}}$ bestimmt werden. Eine Meßschaltung, die bei Verwendung einer Zusatzkapazität nach den Angaben von G. Zickner[1]), die beliebig verringert werden kann, auch zur Bestimmung sehr kleiner Ersatzkapazitäten verwendbar ist, zeigt Abb. 8. Der Kondensator C_z ist hier so in den Meßkreis gelegt, daß die Teilkapazitäten C_{10} und C_{20} nicht in die Messung eingehen; von Einfluß kann nur die Streukapazität C_{30} werden, wenn der Strommesser nicht sehr nahe am Kristall liegt. Der Ersatzwiderstand R_k eines Schwingkristalls wird nach dem in Abb. 9 schaltungsmäßig gezeigten Verfahren gemessen, bei dem ein Zusatzwiderstand R_z bekannter Größe den Ersatzgrößen in Reihe zugeschaltet wird. Bei sehr loser Kopplung des Meßkreises an den Sender, d. h. bei sehr kleinem Kopplungskoeffizienten k, ergibt sich der Strom im Meßkreis bei der Reihenresonanzfrequenz zu $I_z = \frac{j I_1 \omega_0 M}{R_z + R_k/1 + j \omega_0 C_0 R_k}$, wo M als Gegeninduktivität zu $M = k \sqrt{L_1 L_2}$ definiert ist. Der Betrag von I_1/I_z ergibt sich daraus zu

Abb. 8. Messung der Ersatzkapazität bei Kristallen.

Abb. 9. Messung des Ersatzwiderstandes bei Kristallen.

$$\left| \frac{I_1}{I_z} \right| = \frac{1}{\omega_0 M} (R_z + k' R_k) \sqrt{1 - \frac{1 - k'}{1 + \frac{R_z}{2 k' R_k} + \frac{k' R_k}{2 R_z}}}, \quad (2)$$

wo $k' = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega_0^2 C_0^2 R_k^2}}$ gesetzt ist und als Kopplungsfaktor den Einfluß der Parallelkapazität auf das Verhalten des schwingenden Kristalls in der Form $k' = \left| \frac{I_k}{I_k + I_c} \right|$ veranschaulichen soll. Durch zwei Strommessungen (I_z und I_z') bei zwei verschiedenen Zusatzwiderständen (R_z und R_z') läßt sich aus Gl. (2) jeder Ersatzwiderstand berechnen. Der Kopplungsfaktor k' kann ebenfalls gemessen werden; läßt man nämlich in der Schaltung, die Abb. 9 zeigt, R_z weg, so ergeben die Transformatorengleichungen für den Fall sehr loser Kopplung den Strom durch den Kristall bei Resonanzfrequenz zu $I_z = I_1 \omega_0 M \frac{\sqrt{1 + \omega_0^2 C_0^2 R_k^2}}{R_k}$ (3) und in der nächsten Nähe der Resonanzfrequenz (praktisch nur C_0 wirksam) zu $I_z' = I_1 \times \omega^2 M C_0$, wofür man wegen der außerordentlich kleinen Dämpfung der Kristalle praktisch $I_2' = I_1 \omega_0^2 M C_0$, schreiben kann. Mit Gl. (3) folgt daraus $I_z' / I_z = \sqrt{1 - k'^2}$, d. h. k läßt sich aus zwei Strommessungen einfach bestimmen. In den meisten Fällen der Praxis bestimmt sich $k' > 0,9$. Damit läßt sich ohne wesentliche Beschränkung der Genauigkeit Gl. (2) zu $\left| \frac{I_1}{I_z} \right| = \frac{1}{\omega_0 M} (k' R_k + R_z)$ vereinfachen, und man erhält bei graphischer Lösung dieser Gleichung, welche die lineare Form $y = a + b x$ hat, $k' R_k$ als Abschnitt auf der R_z-Achse.
E. C. M.

[1]) G. Zickner, Elektr. Nachr.-Techn. 7 (1930) S. 443.

Werkstatt und Baustoffe.

DK 621.316.84

Untersuchungen an dem Widerstandswerkstoff Novokonstant. [Nach A. Schulze, Phys. Z. 40 (1939) S. 357; 4½ S., 7 Abb.]

Bei der Auswahl von Widerstandswerkstoffen für Normalwiderstände[1]) sind vor allem die großen Ansprüche maßgebend, die an derartige Präzisionswiderstände gestellt worden und die in letzter Zeit noch erheblich gewachsen sind. So konnte das Manganin, das von Anfang an für diese Zwecke als Widerstandswerkstoff verwendet worden ist, durch besondere thermische Behandlung verbessert werden. Weiterhin sei erinnert an Untersuchungen einer aluminiumhaltigen Kupfer-Mangan-Legierung, des Isabellins, das ebenfalls die günstigen Vorbedingungen für eine Verwendung zu Präzisionswiderständen besitzt. Nicht zu vergessen sind in diesem Zusammenhange auch die Gold-Chrom-Legierungen.

Abb. 10. Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes von Novokonstant (Kurve *a*) und seines Temperaturkoeffizienten (Kurve *b*) von der Temperatur.

In der vorliegenden Arbeit handelt es sich um Untersuchungen in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt von A. Schulze[1]) an einem neuen Werkstoff, dem „Novokonstant". Dieses ist ebenfalls eine Kupfer-Mangan-Legierung und enthält 82,5% Cu; 4% Al; 1,5% Fe und 12% Mn. Das gesamte elektrische Verhalten läßt diesen Werkstoff für Präzisionswiderstände als geeignet erscheinen.

Der Verlauf der Widerstandstemperaturkurve des Novokonstants ist dem des Manganins sehr ähnlich; er ist in dem Temperaturgebiet von — 200° bis + 300° C an Proben, die bei 440° C getempert waren, bestimmt worden (Abb. 10). Oberhalb 300° tritt bereits eine merkliche Verdampfung des Mangans aus der Drahtoberfläche ein.

Die Lage des Maximums in der Widerstandstemperaturkurve hängt nun in hohem Maße von der thermischen Vorbehandlung ab. Dies ist deutlich aus der Abb. 11 zu ersehen. Hier wurden Novokonstantdrähte von 1 mm Dmr. (1 Ω-Widerstände) verwendet, die auf mit Gewinde versehene Porzellanrollen gewickelt waren. Die Widerstandstemperaturkurve wurde zunächst an Proben in der Umgebung der Raumtemperatur bestimmt, die sich in den Ausgangszustand (Kurve *a*), d. h. in dem Zustand der Kaltverformung befanden; dann wurden die entsprechenden Kurven aufgenommen, nachdem der Novokonstantdraht sukzessive einige Stunden bei 125°, 250°, 400° und 540° C in neutraler Atmosphäre getempert und anschließend langsam bis auf Raumtemperatur abgekühlt war.

Aus Abb. 11 ergibt sich nun, daß bei der Widerstandskurve eines kaltverformten Novokonstantdrahtes das Maximum erheblich unterhalb der Raumtemperatur liegt, und daß es sich mit zunehmender Alterungstemperatur zu höheren Temperaturen verschiebt. Wenn Novokonstant mithin bei etwa 400° C gealtert wird, erhält man eine Widerstandstemperaturkurve, deren Maximum in der Nähe der Raumtemperatur liegt. Man hat es hiernach ohne weiteres in der Hand, das Maximum der Widerstandskurve durch Tempern so zu legen, wie man es

[1]) A. Schulze, ETZ 58 (1937) S. 1361.

haben will, was für die Verwendung zu Normalwiderständen von großer Wichtigkeit ist. Die Kurve *a'* in der Abb. 11 ist die Ausgangskurve eines 0,4 mm starken Novokonstantdrahtes, der naturgemäß sehr viel stärker verformt ist als ein 1 mm starker Draht. Seine Widerstandsänderung je Grad α' zwischen 15 und 25° hat demzufolge auch den relativ hohen Betrag von -44×10^{-6}, während sie bei dem 1 mm dicken Draht nur noch $-6,5 \times 10^{-6}$ beträgt. Auf Grund dieser Versuche ist es somit auf verhältnismäßig einfache Weise möglich, Widerstandstemperaturkoeffizienten von nur wenigen Millionsteln zu erhalten, wie sie jetzt von Präzisionswiderständen gefordert werden.

Der spezifische Widerstand des Novokonstants, der an einigen Proben bestimmt worden ist, beträgt bei Raumtemperatur:

im harten (kaltverformten) Zustande:

0,51 bis 0,52 Ω mm²/m;

nach mehrstündigem Tempern bei 400° C:

0,45 bis 0,47 Ω mm²/m.

Die Thermokraft gegen Kupfer ist kleiner als ein Mikrovolt je Grad. Sie wurde an Novokonstant in hartem und weichem Zustande, im letzteren bis 400° C, untersucht.

Ferner wurde das mechanische Verhalten (Zerreißfestigkeit und Dehnung) in Abhängigkeit von der Alterungstemperatur bestimmt. Die Zerreißfestigkeit beträgt danach etwa 50 bis 55 kg/mm².

Die Untersuchungen zeigen, daß das Novokonstant alle Vorbedingungen erfüllt, die für eine Verwendung dieses Werkstoffes zu Präzisionswiderständen erforderlich sind. Es wurden daher einige Widerstände hergestellt, bei denen — in derselben Weise wie bei Manganin-Widerständen — der Widerstandsdraht bifilar auf ein mit Gewinde versehenes Porzellanrohr gewickelt war. Nach einer Glühung von 5 bis 20 h bei etwa 400° C (je nach der Drahtdicke) in neutraler Atmosphäre mit darauffolgender langsamer Abkühlung bis auf Raumtemperatur wurde die Drahtoberfläche abgeätzt. Die Widerstände wurden nunmehr abgeglichen und anschließend mit einer sehr dünnen Schicht aus Bakelitlack bestrichen, um sie vor Oxydation zu schützen; zum Schluß wurden sie noch etwa 2 h auf 50 bis 60° C angelassen. Die Enden des Novokonstantdrahtes waren an Kupferringen hart angelötet, und letztere waren durch Verschraubung und Weichlötung mit den inneren Enden der Kupferbügel verbunden. Aus Abb. 12 ist ein auf diese Weise hergestellter Novokonstant-Widerstand (Sollwert 10 Ω) zu ersehen.

Abb. 11. Abhängigkeit der Widerstandstemperaturkurve des Novokonstants von der Alterungstemperatur.

Abb. 12. Ein 10 Ω-Novokonstant-Widerstand.

Verschiedene Novokonstant-Widerstände von 1 Ω (Drahtstärke 1 mm) und 10 Ω (Drahtstärke 0,4 mm) wurden nun auf ihre zeitliche Konstanz hin untersucht. Während einige von ihnen immerhin etwa sechs Monate brauchten, bis ihre Widerstandswerte konstant wurden, haben andere sofort nach der Fertigstellung Widerstandswerte ergeben, die innerhalb einiger Milliontel konstant geblieben sind.

In der folgenden Zahlentafel 1 ist die zeitliche Abhängigkeit der Widerstände No 1_4 und No 10_4 wiedergegeben. Der Widerstandsverlauf des Novokonstants ist dem des Manganins sehr ähnlich.

Zahlentafel 1. Widerstandswerte der Novokonstant-Widerstände (in Ohm) in ihrer zeitlichen Abhängigkeit.

Datum	No 1_4 $\alpha = +2,59 \cdot 10^{-6}$ $\beta = -0,37 \cdot 10^{-6}$ Ω	Datum	No 10_4 $\alpha = -1,60 \cdot 10^{-6}$ $\beta = -0,35 \cdot 10^{-6}$ Ω
27. 4. 1938	0,999 887	14. 7. 1938	10,000 58
10. 5. 1938	0,999 887	12. 8. 1938	10,000 67
25. 5. 1938	0,999 883	27. 9. 1938	10,000 63
10. 6. 1938	0,999 885	24. 11. 1938	10,000 61
15. 7. 1938	0,999 884	31. 1. 1939	10,000 63
12. 8. 1938	0,999 880	16. 3. 1939	10,000 64
28. 9. 1938	0,999 884		
26. 11. 1938	0,999 885		
27. 1. 1939	0,999 881		
16. 3. 1939	0,999 884		

Wie man sieht, besitzen die Novokonstant-Widerstände sehr kleine Temperaturkoeffizienten. Ihre zeitliche Konstanz zeigt nach den bisherigen Beobachtungen ein durchaus günstiges Verhalten.

Die obigen Untersuchungen haben ergeben, daß das Novokonstant zur Herstellung von Normalwiderständen geeignet erscheint. Es ist zu erwarten, ob dieses günstige Verhalten auch weiterhin erhalten bleibt, was die künftigen Untersuchungen erst zeigen werden. *eb.*

DK 620.191 : 669.71

Untersuchungen über die Korrosion von Aluminium. [Nach L. Tronstad, Aluminium 20 (1938) S. 853; 6½ S., 6 Abb.]

Bei der Untersuchung des chemischen Verhaltens von Aluminium, besonders schwach wirkenden Lösungen gegenüber, werden häufig stark schwankende Versuchsergebnisse festgestellt, die auf Werkstoffverschiedenheiten und ungleichmäßige Versuchsbedingungen zurückgeführt werden. Für die Myliusprobe wird ein sorgfältig isolierter Thermostat vorgeschlagen, mit dem Temperaturschwankungen von ±0,01 °C beherrscht werden. Anodische und kathodische Aktivität von Al sind mit dem chemischen Verhalten verknüpft. Verschiedener Ablauf anodischer und kathodischer Teilreaktionen und auch Kantenwirkungen werden bei einseitiger Behandlung von Blechproben vermieden. Aus den Werten Reststromstärke über der Zeit kann auf den Einfluß der Lösungen auf Auflösung und Neubildung der Oxydschicht geschlossen werden; ein unmittelbarer Vergleich mit den Ergebnissen von chemischen Verfahren ist aber nicht möglich. Für die Ermittlung der Wasserstoffentwicklung, die für die Konservendosenindustrie von Bedeutung ist, wird ein geeignetes Gerät entwickelt. Dichte Oxydschichten besitzen auch in stark sauren Lösungen vorzügliche Schutzwirkung. Eine Kupferprobe mit jodometrischer Bestimmung des ausgeschiedenen Kupfers dient zur quantitativen Beurteilung der verschiedenen Schutzverfahren. Nichtmetallische Einschlüsse, besonders Sulfide, setzen die Beständigkeit stark herab, ihre Bestimmung gelingt durch Abdruck in Gelatineschichten von photographischen Papieren und durch anschließende Entwicklung in geeigneten Reagenzien. Besonderer Wert wird auf genaue Temperaturüberwachung und auf einheitliche Vorbehandlung der Blechproben nach einem näher beschriebenen „Standard"-Verfahren gelegt. *W. Z.*

AUS LETZTER ZEIT.

Internationale Verkehrs-Ausstellung, Köln 1940.

Eine Internationale Verkehrs-Ausstellung wird im Jahre 1940 in Köln stattfinden. Der Ausstellungsplan sieht insgesamt etwa 50 Hallen vor, deren größte (Haus der Reichsbahn) 28 000 m² umfassen wird. Das ganze Ausstellungsgelände wird 1 Mill m² einnehmen.

AUS DER JUNGINGENIEURARBEIT.

Über die günstigste Lastverteilung parallel arbeitender Energieerzeuger.

Von G. Hauffe VDE, Berlin.

DK 621.311.153.072.86 : 621.313.322.016.32

Übersicht*). Die Frage nach der günstigsten Lastverteilung parallel arbeitender Energieerzeuger ist bereits vor mehr als 15 Jahren gestellt und seither eingehend erörtert worden, vor allem im ausländischen Schrifttum. Es sei in diesem Zusammenhang insbesondere auf die sehr ausführliche Arbeit von Steinberg und Smith[1]) hingewiesen, über die in dieser Zeitschrift[2]) kurz berichtet worden ist, und die vor allem auch ein umfassendes Schrifttumsverzeichnis aus den Jahren 1922 bis 1933 bringt.

Theoretische Grundlagen für die günstigste Lastverteilung.

Betrachtet man zunächst zwei Energieerzeuger 1 und 2, die im Parallelbetrieb die Leistungen N_{z_1} und N_{z_2} aufnehmen und die Leistungen N_{a_1} und N_{a_2} abgeben, so gilt für die insgesamt zuzuführende Leistung

$$N_{z_s} = N_{z_1} + N_{z_2}, \qquad (1)$$

für die insgesamt abgegebene Leistung

$$N_{a_s} = N_{a_1} + N_{a_2}. \qquad (2)$$

Letztere habe einen vorgegebenen Festwert. Die günstigste Lastverteilung zwischen den parallel arbeitenden Energieerzeugern liegt offenbar dann vor, wenn die insgesamt zuzuführende Summenleistung N_{z_s} ein Minimum wird:

$$N_{z_1} + N_{z_2} = N_{z_s \min}. \qquad (3)$$

Nun sind die den einzelnen Energieerzeugern zuzuführenden Leistungen bekanntlich Funktionen der abgegebenen Leistung:

$$N_{z_1} = F_1(N_{a_1}), \qquad (4)$$

$$N_{z_2} = F_2(N_{a_2}). \qquad (5)$$

Diese Funktionen lassen sich im allgemeinen analytisch kaum ausdrücken, graphisch aber darstellen in Kurven, welche die Leistungszufuhr über der Leistungsabgabe zeigen. Diese Kurven lassen sich auch einfach aus den als bekannt vorauszusetzenden Wirkungsgradkurven (Wirkungsgrad η über der Leistungsabgabe N_a) der einzelnen Energieerzeuger errechnen.

Gl. (5) läßt sich wegen Gl. (2) auch schreiben:

$$N_{z_2} = F_2(N_{a_s} - N_{a_1}), \qquad (5\,a)$$

und hiermit geht Gl. (3) unter Benutzung von Gl. (4) über in

$$N_{z_s \min} = F_1(N_{a_1}) + F_2(N_{a_s} - N_{a_1}). \qquad (3\,a)$$

Mit Hilfe der Differentialrechnung folgt nun

$$\frac{d N_{z_s}}{d N_{a_1}} = \frac{d F_1(N_{a_1})}{d N_{a_1}} + \frac{d F_2(N_{a_s} - N_{a_1})}{d N_{a_1}} = 0. \qquad (6)$$

Hierin ist

$$\frac{d F_2(N_{a_s} - N_{a_1})}{d N_{a_1}} = \frac{d F_2(N_{a_s} - N_{a_1})}{d(N_{a_s} - N_{a_1})} (-1). \qquad (7)$$

Berücksichtigt man dies, so folgt aus Gl. (6) unter Benutzung der Gl. (2), (4) und (5 a) sehr einfach

$$\frac{d N_{z_1}}{d N_{a_1}} = \frac{d N_{z_2}}{d N_{a_2}} \qquad (8)$$

als Bedingung dafür, daß zwei parallel arbeitende Energieerzeuger eine vorgegebene nutzbare Gesamtleistung N_{a_s} abgeben bei einem Mindestaufwand an zuzuführender Summenleistung N_{z_s}. D. h. aber nichts anderes, als daß der totale Wirkungsgrad

$$\frac{N_{a_s}}{N_{z_s \min}} = \eta_{\text{opt}} \qquad (9)$$

ein Optimum wird.

Der Quotient $d N_z/d N_a$ wird im fremdsprachlichen Schrifttum allgemein als „incremental rate" bezeichnet und offenbar am sinnfälligsten mit „Zuwachsverhältnis" übersetzt, denn er ist das Verhältnis eines Zuwachses an zuzuführender Leistung zu dem zugehörigen Zuwachs an abgegebener Leistung. Sein reziproker Wert kann als „relativer Wirkungsgrad" bezeichnet werden, er gibt das Verhältnis an zwischen dem zusätzlichen Leistungsgewinn $d N_a$ und dem zusätzlichen Leistungsaufwand $d N_z$.

Gl. (8) enthält also folgende Betriebsvorschrift: Zwei parallel arbeitende Energieerzeuger sind so zu belasten, daß sie mit gleichem Zuwachsverhältnis arbeiten.

Um eine weitere Folgerung aus Gl. (8) zu ziehen, sei abkürzend für das Zuwachsverhältnis ζ gesetzt. Dann folgt aus Gl. (8)

$$\left.\begin{aligned} d N_{z_1} &= \zeta\, d N_{a_1}, \\ d N_{z_2} &= \zeta\, d N_{a_2}, \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

und durch Addition

$$d N_{z_1} + d N_{z_2} = \zeta (d N_{a_1} + d N_{a_2})$$

bzw.

$$d(N_{z_1} + N_{z_2}) = \zeta\, d(N_{a_1} + N_{a_2})$$

und mit den Gl. (1) und (2)

$$d N_{z_s} = \zeta\, d N_{a_s}$$

oder

$$\frac{d N_{z_s}}{d N_{a_s}} = \zeta. \qquad (11)$$

Gl. (8) ist also, was für den Übergang zur Betrachtung des Parallelbetriebes von mehr als zwei Energieerzeugern sehr wichtig ist, erweiterungsfähig zu der Doppelgleichung

$$\frac{d N_{z_1}}{d N_{a_1}} = \frac{d N_{z_2}}{d N_{a_2}} = \frac{d N_{z_s}}{d N_{a_s}}. \qquad (12)$$

Auf Grund der Gl. (12) läßt sich also folgender Satz aufstellen: Ist zwischen zwei parallel arbeitenden Energieerzeugern die Last am günstigsten verteilt, so sind die Zuwachsverhältnisse untereinander gleich und gleich dem Zuwachsverhältnis der parallel arbeitenden Energieerzeuger*gruppe*.

Diese Gruppe kann aber nunmehr beim Übergang von zwei parallel arbeitenden Energieerzeugern auf drei parallel arbeitende Energieerzeuger als *ein einziger* Energieerzeuger angesehen werden. Die günstigste Lastverteilung zwischen ihm und dem dritten Energieerzeuger hat nach dem Obigen zur Voraussetzung, daß *sein* Zuwachsverhältnis gleich ist dem Zuwachsverhältnis des dritten Energieerzeugers. D. h. es muß die Gleichung gelten

$$\frac{d N_{z_s}}{d N_{a_s}} = \frac{d N_{z_3}}{d N_{a_3}}. \qquad (13)$$

*) Nach einem Vortrag in der Arbeitsgemeinschaft „Elektrizitätswerke" der VDE-Jungingenieure im Bezirk Berlin am 3. 2. 1939.
[1]) Electr. Engng. 53 (1934) S. 432 u. 571.
[2]) ETZ 55 (1934) S. 1058.

Wegen Gl. (12) gilt also nun für die günstigste Lastverteilung zwischen drei Energieerzeugern

$$\frac{\mathrm{d}N_{z_1}}{\mathrm{d}N_{a_1}} = \frac{\mathrm{d}N_{z_2}}{\mathrm{d}N_{a_2}} = \frac{\mathrm{d}N_{z_3}}{\mathrm{d}N_{a_3}}. \tag{14}$$

Gültigkeitsbereich der Theorie.

Den hier entwickelten theoretischen Grundlagen für die günstigste Lastverteilung zwischen parallel arbeitenden Energieerzeugern liegen einige stillschweigend gemachte Annahmen zugrunde, die, wenn sie nicht erfüllt sind, den Gültigkeitsbereich der Theorie einschränken:

1. Die Kurve, die die zuzuführende Leistung N_z über der abgegebenen Leistung N_a zeigt, muß für jeden der in Betracht kommenden Energieerzeuger stetig sein.
2. Die unter 1. genannte Kurve muß an jeder Stelle einen eindeutigen Differentialquotienten $\mathrm{d}N_z/\mathrm{d}N_a$ haben. Diese Bedingung ist erfüllt, wenn die unter 1. genannte Kurve keine Ecken aufweist, an denen bekanntlich der Differentialquotient oder die Ableitung zwei unterschiedliche Werte aufweist (springt). Die Ableitung muß also ihrerseits stetig sein.
3. Die unter 2. genannte Ableitung $\mathrm{d}N_z/\mathrm{d}N_a$ muß für steigende Werte der abgegebenen Leistung N_a dauernd ansteigen. Also $\frac{\mathrm{d}^2 N_z}{\mathrm{d}N_a^2} > 0$.

Die Bedingung ist erfüllt, wenn die unter 1. genannte Kurve von der Abszissen-(N_a-)Achse aus betrachtet konvex ist. Wenn nämlich für steigende Werte der abgegebenen Leistung N_a die Ableitung $\mathrm{d}N_z/\mathrm{d}N_a$ zunächst ansteigt und dann wieder abfällt, so bestehen notwendig zwei untereinander gleiche Werte der Ableitung für zwei verschiedene Werte der abgegebenen Leistung N_a. Die optimale Betriebsvorschrift

$$\frac{\mathrm{d}N_{z_1}}{\mathrm{d}N_{a_1}} = \frac{\mathrm{d}N_{z_2}}{\mathrm{d}N_{a_2}}$$

für beispielsweise zwei parallel arbeitende Energieerzeuger verliert damit ihre Zuverlässigkeit.

Praktische Auswertung der Theorie.

Ist von irgendeinem Energieerzeuger der Wirkungsgrad $\eta = F(N_a)$ entweder kurvenmäßig oder in Form einer tabellarischen Zuordnung gegeben, so läßt sich in beiden Fällen die zuzuführende Leistung $N_z = N_a/\eta$ ermitteln und entweder graphisch über der abgegebenen Leistung N_a auftragen oder ihr tabellarisch zuordnen. Im ersteren Fall läßt sich aus der Kurve N_z über N_a die Kurve $\mathrm{d}N_z/\mathrm{d}N_a = \zeta$ über N_a leicht ableiten. Setzt man nämlich in zulässiger Näherung

$$\frac{\mathrm{d}N_z}{\mathrm{d}N_a} = \zeta \approx \frac{\Delta N_z}{\Delta N_a},$$

so ergibt sich, daß die Zuwachse ΔN_z ein Maß für das Zuwachsverhältnis ζ selbst sind, sofern nur die Zuwachse ΔN_a immer untereinander gleich — beispielsweise k MW — gewählt werden. Ist also beispielsweise

$$N_{a_h} = 21{,}00\,\mathrm{MW}, \qquad N_{z_h} = 23{,}90\,\mathrm{MW},$$
$$N_{a_{h+1}} = 24{,}00\,\mathrm{MW}, \quad N_{z_{h+1}} = 26{,}90\,\mathrm{MW},$$

so ist der stets als konstant beizubehaltende Zuwachs an nutzbar abgegebener Leistung

$$\Delta N_a = N_{a_{h+1}} - N_{a_h} = 3\,\mathrm{MW}$$

und der zugehörige Zuwachs an zuzuführender Leistung

$$\Delta N_z = N_{z_{h+1}} - N_{z_h} = 3\,\mathrm{MW}.$$

Dieser ist unter den gemachten Voraussetzungen dem Zuwachsverhältnis ζ direkt proportional und über der im Mittel abgegebenen Nutzleistung

$$N_{a_m} = N_{a_h} + \frac{1}{2}(N_{a_{h+1}} - N_{a_h}) = \frac{1}{2}(N_{a_h} + N_{a_{h+1}})$$

aufzutragen.

Um zu einer tabellarischen Zuordnung zwischen dem Zuwachsverhältnis ζ und der nutzbar abgegebenen Leistung zu gelangen, geht man von der tabellarischen Zuordnung zwischen der nutzbar abgegebenen Leistung N_a und der zuzuführenden Leistung N_z aus. Diese enthält zweckmäßig um jeweils gleiche Sprünge ΔN_a steigende Werte der nutzbar abgegebenen Leistung N_a und führt zu der ohne weiteres verständlichen Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1.

N_a MW	N_z MW	ΔN_a MW	ΔN_z MW	ΔN_z ist aufzutragen über N_{a_m} MW
3	14,00			
			0,90	4,50
6	14,90			
			1,50	7,50
9	16,40			
			1,40	10,50
12	17,80			
			1,95	13,50
15	19,75	3 = konst.		
			1,80	16,50
18	21,55			
			2,35	19,50
21	23,90			
			3,00	22,50
24	26,90			
			3,30	25,50
27	30,20			
			3,80	28,50
30	34,00			
			5,60	31,50
33	39,60			

Sind auf die geschilderte Weise die Zuwachsverhältnisse von beispielsweise zwei parallel zu betreibenden Energieerzeugern ermittelt und über der abgegebenen Nutzleitstung N_a ihres Erzeugers — möglichst auf einem Kurvenblatt und zweckmäßig in dem gleichen Maßstab — aufgetragen, so gelingt die Bestimmung der günstigsten Lastverteilung verhältnismäßig einfach dadurch, daß man

1. in diesem Kurvenblatt mehrere Parallele zur Abszissen-(N_a-)Achse zieht. Sie schneiden die Zuwachsverhältniskurven in Punkten, die der Betriebsvorschrift
$$\frac{\mathrm{d}N_{z_1}}{\mathrm{d}N_{a_1}} = \frac{\mathrm{d}N_{z_2}}{\mathrm{d}N_{a_2}}$$
genügen;

Abb. 1. Einzelleistungen und Summenleistung zweier Energieerzeuger bei günstigster Lastverteilung.

2. auf der Abszissen-(N_a-)Achse die zu je zwei gleichen Zuwachsverhältnissen $\zeta_1 = \zeta_2$ zugehörigen Werte der nutzbar abgegebenen Leistungen N_{a_1} und N_{a_2} abliest;
3. die insgesamt nutzbar abgegebene Summenleistung $N_{a_s} = N_{a_1} + N_{a_2}$ bildet;
4. auf Grund mehrfacher Anwendung der unter 2. und 3. gegebenen Anweisungen eine Kurvendarstellung entwirft, in der über der nutzbar abgegebenen Summenleistung N_{a_s} sowohl diese selbst als auch die nutzbar abgegebene Leistung N_{a_1} (oder N_{a_2}) aufgetragen sind, Abb. 1. Man gewinnt so die Annehmlichkeit, daß die nutzbar abgegebene Leistung N

(oder N_{a_1}) als Ordinatendifferenz ohne weiteres abgreifbar ist.

Die Ausführung der unter 2. und 3. genannten Vorschriften wird praktisch wohl zunächst auf eine tabellarische Zuordnung der Werte N_{a_1}, N_{a_2} und N_{a_s} hinauslaufen. Eine solche empfiehlt sich insbesondere auch dann, wenn es sich um den Parallelbetrieb mehrerer (n) Energiezerzeuger handelt. Es ist dann nämlich eine Kurvendarstellung auszuwerten, die über der abgegebenen Leistung N_a mehrere (n) Zuwachsverhältniskurven aufweist (Abb. 2). Eine Parallele zur Abszissenachse

Abb. 2. Zuwachsverhältniskurven für drei parallel arbeitende Energieerzeuger unterschiedlicher Nennleistung.

schneidet die Kurven ζ_1 bis ζ_3 in Punkten, für deren Ordinaten

$$\zeta_1 = \zeta_2 = \zeta_3$$

gilt, und deren Abszissen die Teilleistungen N_{a_1}, N_{a_2} und N_{a_3} geben, aus denen die nutzbar abgegebene Summenleistung N_{a_s} errechnet werden kann. Die mehrfache Anwendung des geschilderten Verfahrens liefert dann die Darstellung N_{a_1}, N_{a_2} und N_{a_3} über N_{a_s}. Die Größe des Zuwachsverhältnisses ζ selbst interessiert hierbei nicht, da das Zuwachsverhältnis ζ eben nur eine Hilfsgröße zur Bestimmung der wirtschaftlichsten Lastverteilung ist.

Abb. 3. Zuwachsverhältniskurven für zwei parallel arbeitende Energieerzeuger.

Wenn es sich um den Parallelbetrieb von nur zwei Energieerzeugern handelt, läßt sich das Verfahren zur Bestimmung der günstigsten Lastverteilung etwas vereinfachen, wenn man gemäß Abb. 3 auf der Abszissenachse die nutzbar abgegebene Leistung N_a des einen Energieerzeugers nach rechts, die des anderen nach links aufträgt und die zugehörigen Werte ζ_1 und ζ_2 der Zuwachsverhältnisse in den ersten und zweiten Quadranten einzeichnet. Für eine vorgegebene Summenleistung N_{a_s} ist dann nur eine Parallele zur Abszissen-(N_a-)Achse von entsprechender Länge so in die Abbildung hineinzulegen, daß ihre Enden auf den ζ-Kurven liegen[3]). Die Überlegenheit dieses Verfahrens ist dadurch erwiesen, daß sich sofort die Teilleistungen N_{a_1} und N_{a_2} ermitteln lassen für eine bestimmte, vorgegebene Summenleistung. Das Verfahren ist selbstverständlich auch anwendbar, wenn drei Energieerzeuger zueinander parallel arbeiten, wobei dann die ersten beiden Energieerzeuger als ein einziger Energieerzeuger aufzufassen sind, dessen Zuwachsverhältnis ζ über der Summennutzleistung $N_{a_1} + N_{a_2}$ dieser Energieerzeugergruppe aufzutragen ist.

Voraussetzungsfreies Verfahren zur Bestimmung der günstigsten Lastverteilung.

Die bereits besprochenen einschränkenden Bedingungen, denen die Gültigkeit der entwickelten Theorie unterworfen ist, lassen die Frage als berechtigt erscheinen, ob nicht ein Verfahren zur Bestimmung der günstigsten Lastverteilung unter parallel arbeitende Energieerzeuger angegeben werden kann, das frei von einschränkenden Voraussetzungen zum Ziel führt. Ein solches Verfahren ist tatsächlich angebbar und beruht auf der rechnerisch-graphischen Auswertung der als bekannt vorauszusetzenden tabellarischen Zuordnung zwischen der nutzbar abgegebenen Leistung N_a eines Energieerzeugers einerseits und der ihm zuzuführenden Leistung N_z anderseits. Diese muß gegebenenfalls erst aus der als bekannt anzunehmenden Wirkungsgradkurve errechnet werden.

Das Zwei-Maschinen-Problem.

Das rechnerisch-graphische Verfahren zur Bestimmung der günstigsten Lastverteilung soll zunächst ausführlich an Hand eines Zahlenbeispiels[4]) für den Fall zweier Energieerzeuger erläutert werden.

Zuerst ist hierbei die Frage zu beantworten, für welchen Bereich der nutzbar abgegebenen Leistungen N_{a_1} und N_{a_2} der Energieerzeuger 1 und 2 es überhaupt praktischen Sinn hat, nach dem bestmöglichen Wirkungsgrad für den Parallelbetrieb zu suchen.

Solange die insgesamt abzugebende nutzbare Leistung N_{a_s} die maximal abgebbare Leistung $N_{a\,\max}$ eines der zur Verfügung stehenden Energieerzeugers nicht überschreitet, wird man selbstverständlich nur einen Energieerzeuger in Betrieb nehmen, und zwar denjenigen, der mit dem besseren Wirkungsgrad arbeitet. Besitzen die beiden Energieerzeuger verschiedene Nennleistungen, so könnte bei steigender Nutzlast u. U. ein Wechsel der Energieerzeuger in Frage kommen, indem zunächst im Bereich der kleineren Last der Energieerzeuger mit der kleineren Nennleistung, sodann im Bereich größerer Last der andere Energieerzeuger mit der größeren Nennleistung in Betrieb genommen wird, vorausgesetzt, daß die Wirkungsgrade der Erzeuger einen solchen Wechsel rechtfertigen. Erst im Bereich derjenigen Last, die die maximal abgebbare Nutzleistung $N_{a\,\max}$ des Energieerzeugers mit der größeren Nennleistung übersteigt, wird praktisch ein Parallelbetrieb beider Energieerzeuger in Frage kommen[5]).

Sind

N_{a_s} die verlangte, nutzbar abzugebende Summenleistung,

$N_{a_1\,\min}$ (2) die vom Energieerzeuger 1 (2) mindestens nutzbar abzugebende Leistung,

$N_{a_1\,\max}$ (2) die vom Energieerzeuger 1 (2) höchstens nutzbar abgebbare Leistung,

so gilt

$$N_{a_1\,\min} = N_{a_s} - N_{a_2\,\max},$$
$$N_{a_2\,\min} = N_{a_s} - N_{a_1\,\max}.$$

$N_{a_1\,\min}$ und $N_{a_2\,\min}$ sind die unteren Grenzleistungen, unterhalb deren die Lieferung der verlangten Summenleistung N_{a_s} überhaupt unmöglich ist, unterhalb deren es somit sinnlos ist, nach dem Betrieb mit bestmöglichem Wirkungsgrad zu fragen. Oberhalb dieser Grenzleistungen aber ist die Lieferung der verlangten Summenleistung auf unendlich vielfache Weise möglich, wenn auch das Bereich für die möglichen Teilnutzlasten der beiden Energieerzeuger bei steigender Summenlast immer schmäler wird. Es ist nämlich

$$N_{a_1\,\max} - N_{a_1\,\min} = N_{a_2\,\max} - N_{a_2\,\min} = N_{a_1\max} + N_{a_2\,\max} - N_{a_s}.$$

Aus dieser Beziehung folgt das Obengesagte unmittelbar. Das zu untersuchende Leistungsbereich schrumpft insbesondere zu Null zusammen für

$$N_{a_1\,\max} + N_{a_2\,\max} = N_{a_s}.$$

[3]) Die Länge dieser Parallelen wird i. a. größer sein als diejenige Länge, die der größtmöglichen Nutzleistung des Energieerzeugers mit der größten Nennleistung entspricht.

[4]) Die hierbei verwendeten tabellarischen Zuordnungen $N_z = F(N_a)$ sind dem Sonderdruck SRG 40 711/7 der S & H A G. u. S S W A G., „Erhöhte Wirtschaftlichkeit der Lastverteilung durch selbsttätige Frequenz- und Leistungsreglung", S. 14, entnommen.

[5]) Ob dies zweckmäßig schon vorher zu geschehen hat, läßt sich ebenfalls mit dem beschriebenen Verfahren leicht entscheiden.

Mann muß dann den sich zwangläufig einstellenden Wirkungsgrad als den einzig möglichen und somit besten in Kauf nehmen.

Die Bestimmung des günstigsten Parallelbetriebes bei einer vorgegebenen nutzbar abgegebenen Summenleistung

$$N_{a_s} < (N_{a_1\,max} + N_{a_2\,max})$$

läuft nun darauf hinaus, rechnerisch-graphisch das Minimum der zuzuführenden Summenleistung N_{z_s} zu bestimmen aus hinreichend vielen möglichen Kombinationen zweier Teilleistungen N_{a_1} und N_{a_2}, deren Summe die vorgegebene Summenleistung N_{a_s} ergibt.

Hierzu empfiehlt es sich, die tabellarischen Zuordnungen $N_z = F(N_a)$ für beide Energieerzeuger in der aus Zahlentafel 2 ersichtlichen Weise auf zwei gegeneinander verschiebbaren Papierstreifen aufzustellen (Zahlentafel 2).

Summenleistung $N_{a_s} = 66$ MW, geht, so kann man mit deren Hilfe den Wert $N_{z_s\,min}$ für $N_{a_s} = 63$ MW interpolieren.

Auf die Wiedergabe der besprochenen Kurvenschar wurde verzichtet. Aus ihr kann eine tabellarische Zuordnung (Zahlentafel 4) abgeleitet werden, welche enthält als Funktion der nutzbar abgegebenen Summenleistung N_{a_s}:

1. die bestenfalls zu erzielende niedrigste zuzuführende Summenleistung $N_{z_s\,min}$,
2. die vom Energieerzeuger 1 zu liefernde Nutzleistung N_{a_1},
3. die vom Energieerzeuger 2 zu liefernde Nutzleistung $N_{a_2} = N_{a_s} - N_{a_1}$,

Zahlentafel 2.

Energieerzeuger 1													
N_{a_1} MW . .	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33			
N_{z_1} MW . .	*14,00*	*14,90*	*16,40*	*17,80*	*19,75*	*21,55*	*23,90*	*26,90*	*30,20*	*34,00*	*39,60*			
			38,00	*34,00*	*30,15*	*26,80*	*23,60*	*20,45*	*17,25*	*14,40*	*12,15*	*10,30*	*9,50*	N_{z_2} MW
			33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3	N_{a_2} MW
														Energieerzeuger 2

Wie man die beiden Papierstreifen auch aneinanderlegt, immer ergeben die untereinanderstehenden Werte N_{a_1} und N_{a_2} die gleiche Summe N_{a_s}, die sich überdies beliebig verändern läßt, indem der eine Papierstreifen gegenüber dem anderen an ihm entlang verschoben wird.

Die Auswertung der so aneinandergelegten Streifen, daß die Summe $N_{a_1} + N_{a_2}$ einen vorgegebenen Wert N_{a_s} hat, geschieht nun zunächst rechnerisch, indem die untereinanderstehenden Werte von N_{z_1} und N_{z_2} addiert werden. Man erhält in Form einer tabellarischen Zuordnung

$$N_{z_s} = F\,(N_{a_1})$$

für einen vorgegebenen, als Parameter zu betrachtenden Wert N_{a_s} der nutzbar abgegebenen Summenleistung. Zwar ersieht man schon aus der errechneten Zahlenreihe, welches die günstigste Kombination $N_{a_1} + N_{a_2}$ ist — für sie wird N_{z_s} ein Minimum —, jedoch läßt sich das gesuchte Minimum noch etwas genauer bestimmen, indem N_{z_s} über N_{a_1} aufgetragen und an diese Kurve der Parameterwert N_{a_s} angeschrieben wird.

Für das gewählte Zahlenbeispiel ergibt sich die in Zahlentafel 3 dargestellte Zusammenstellung der Werte

Zahlentafel 3. Zuzuführende Summenleistungen $N_{z_s} = F\,(N_{a_1})$.

N_{a_1} =	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33 MW
N_{a_s} MW											
36	52,00	48,90	46,55	44,60	43,35	42,00	41,45	41,30	42,35	44,30	49,10
39	—	52,90	50,40	47,95	46,55	45,15	44,35	44,15	44,60	46,15	49,90
42	—	—	54,40	51,80	49,90	48,35	47,50	47,35	47,45	48,40	51,75
45	—	—	—	55,80	53,75	51,70	50,70	50,50	50,65	51,25	54,00
48	—	—	—	—	57,75	55,55	54,05	53,70	53,80	54,45	56,85
51	—	—	—	—	—	59,55	57,90	57,05	57,00	57,60	60,05
54	—	—	—	—	—	—	61,90	60,90	60,35	60,80	63,20
57	—	—	—	—	—	—	—	64,90	64,20	64,15	66,40
60	—	—	—	—	—	—	—	—	68,20	68,00	69,75
63	—	—	—	—	—	—	—	—	—	72,00	73,60
66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	77,60

$N_{z_s} = F\,(N_{a_1})$ für die als Parameter zu betrachtenden jeweils konstanten Summennutzleistungen N_{a_s} gleich 36 bis 66 MW. Trägt man nun N_{z_s} über N_{a_1} auf, so erhält man für jede konstante Summenleistung N_{a_s} eine Kurve, von denen die Kurven für N_{a_s} gleich 36 bis 60 MW die Minima eindeutig erkennen lassen. Verbindet man diese Minima durch eine Kurve, die durch den Punkt $N_{a_1} = 33$ MW, $N_{z_s} = 77{,}60$ MW, entsprechend der nutzbaren

4. den bestenfalls zu erzielenden „optimalen" Wirkungsgrad [Gl. (9)].

Zahlentafel 4.

N_{a_s} MW	$N_{z_s\,min}$ MW	N_{a_1} MW	N_{a_2} MW	η_{opt} %
36	41,15	23,0	13,0	87,5
39	44,10	23,5	15,5	88,5
42	47,37	24,0	18,0	88,7
45	50,50	24,0	21,0	89,2
48	53,70	24,5	23,5	89,4
51	56,95	25,5	25,5	89,7
54	60,30	26,7	27,3	89,6
57	64,00	27,9	29,1	89,1
60	67,95	29,3	30,7	88,3
63	72,40	31,0	32,0	87,0
66	77,60	33,0	33,0	85,2

Zwei gleiche Energieerzeuger arbeiten selbstverständlich im Parallelbetrieb mit günstigstem Wirkungsgrad, wenn die angeforderte Summennutzlast je zur Hälfte unter sie aufgeteilt wird.

Da das beschriebene Verfahren an keinerlei Voraussetzungen gebunden ist, ist es in allen Fällen anwendbar. Es gestattet z. B. auch, zu ermitteln, ob die Lieferung einer Nutzleistung N_{a_s}, die die maximale Nutzleistung $N_{a\,max}$ eines Energieerzeugers allein unterschreitet, zweckmäßiger von einem Energieerzeuger allein geliefert wird oder von zwei teilbelasteten Energieerzeugern im Parallelbetrieb. Man hätte für diese Untersuchung den unteren Teil der Zahlentafel 2 gegenüber dem oberen nach links zu verschieben und eine der Zahlentafel 3 entsprechende Tafel aufzustellen. Die erhaltenen Werte der zuzuführenden Summenleistungen N_{z_s} wären dann lediglich mit den zuzuführenden Leistungen N_{z_1} bzw. N_{z_2} zu vergleichen, die der Zahlentafel 2 entnommen werden können.

Übergang auf mehrere Energieerzeuger.

Es bereitet keine grundsätzlichen Schwierigkeiten, vom Zwei-Maschinen-Problem auf das 3- und n-Maschinen-Problem überzugehen. Der Gang des Verfahrens ist immer der gleiche. Daß hierbei stets nur von Energieerzeugern ganz allgemein die Rede war, hat seinen guten Grund: Die angestellten Betrachtungen gelten für Energieerzeuger jeder beliebigen Art, also für elektrische Generatoren genau so wie für Pumpen, Gebläse, Dampferzeuger o. dgl.

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G.m.b.H.: Berlin 223 84.

Gültigkeit der VDE-Bestimmungen im Sudetenland.

Der Reichswirtschaftsminister und der Reichsminister des Innern haben unter dem 25. April 1939 eine „Verordnung über die Einführung des Energiewirtschaftsrechts in den sudetendeutschen Gebieten" erlassen, durch die u. a. der Gültigkeitsbereich der VDE-Bestimmungen auf das Sudetenland ausgedehnt wird. Die Verordnung hat folgenden Wortlaut:

„Auf Grund des § 7 des Erlasses des Führers und Reichskanzlers über die Verwaltung der sudetendeutschen Gebiete vom 1. Oktober 1938 (Reichsgesetzbl. I, S. 1331) wird folgendes verordnet:

§ 1.

In den sudetendeutschen Gebieten gelten:

1. das Gesetz zur Förderung der Energiewirtschaft (Energiewirtschaftsgesetz) vom 13. Dezember 1935 (Reichsgesetzbl. I, S. 1451);
2. die Zweite Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zur Förderung der Energiewirtschaft (Energiewirtschaftsgesetz) vom 31. August 1937 (Reichsgesetzbl. I, S. 918) mit der Maßgabe, daß bis zum 31. Dezember 1940 elektrische Anlagen im Sinne dieser Verordnung in den sudetendeutschen Gebieten auch nach den Vorschriften des ESČ (Elektrotechnischer Verband der Tschecho-Slowakei) ausgeführt werden können;
3. die Dritte Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zur Förderung der Energiewirtschaft (Energiewirtschaftsgesetz) vom 8. November 1938 (Reichsgesetzbl. I, S. 1612) nebst den Ausführungsbestimmungen des Reichswirtschaftsministers zu § 2 der Dritten Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zur Förderung der Energiewirtschaft (Energiewirtschaftsgesetz) vom 24. November 1938 (Deutscher Reichsanz. u. Preuß. Staatsanz. Nr. 276 vom 26. November 1938);
4. die Vierte Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zur Förderung der Energiewirtschaft (Energiewirtschaftsgesetz) vom 7. Dezember 1938 (Reichsgesetzbl. I, S. 1732).

§ 2.

Mit dem Inkrafttreten dieser Verordung treten sämtliche derzeit in den sudetendeutschen Gebieten geltenden energiewirtschaftlichen Vorschriften über den Ausbau und die Förderung von Energieanlagen außer Kraft.

§ 3.

Die Verordnung tritt am 1. Mai 1939 in Kraft.

Berlin, den 25. April 1939.

Der Reichswirtschaftsminister
Walther Funk

Der Reichsminister des Innern
In Vertretung
Pfundtner"

§ 1 der vorstehend genannten Zweiten Durchführungsverordnung zum Energiewirtschaftsgesetz lautet wie folgt:

„(1) Elektrische Energieanlagen und Energieverbrauchsgeräte sind ordnungsmäßig, d. h. nach den anerkannten Regeln der Elektrotechnik einzurichten und zu unterhalten.

(2) Als solche Regeln gelten die Bestimmungen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)".

Damit ist also festgelegt, daß die VDE-Bestimmungen im Sudetenland unbeschränkt angewendet werden können. Zur Erleichterung des Überganges auf die VDE-Bestimmungen können aber bis zum 31. Dezember 1940 elektrische Anlagen auch noch nach den dort bisher geltenden Vorschriften des Elektrotechnischen Vereins Böhmen-Mähren (ESČ) ausgeführt werden.

Damit ist die Gültigkeit der VDE-Bestimmungen auf das ganze Gebiet des großdeutschen Reiches (ohne Reichsprotektorat Böhmen-Mähren) ausgedehnt.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.

Betr.: Zusammenstellung der erteilten Prüfzeichengenehmigungen für Installationsmaterial zum Anschluß an Al-Leitungen.

Die VDE-Prüfstelle hat ein Verzeichnis derjenigen Erzeugnisse, für welche die Erlaubnis zur Führung des Zeichens „Al" neben dem VDE-Zeichen erteilt worden ist, nach dem Stande vom 15. 5. 1939 angefertigt (s. a. ETZ 59 (1938) S. 787).

Interessenten wird dieses Verzeichnis gegen Voreinsendung des Betrages von 0,60 RM einschl. Versandkosten oder als Nachnahmesendung (0,90 RM) übermittelt.

Postscheckkonto: Berlin 894 06.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Dall

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein.
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Ausflug zur Löcknitz.

Am Sonnabend, dem 8. Juli 1939, veranstaltet der Bezirk Berlin seinen herkömmlichen Ausflug mit Angehörigen. Die Dampferfahrt geht pünktlich um 14^{00} ab Landebrücke Treptow durch Spree, Müggelsee, Dämeritzsee, Flakensee und Löcknitz. Die gemeinsame Kaffee- und Abendtafel findet auf den Löcknitz-Terrassen statt.

Der Preis für die Teilnehmerkarte beträgt für Mitglieder des VDE und deren Familienangehörige 3,— RM, für eingeführte Gäste 4,— RM. In diesen Preisen sind Dampferfahrt, Nachmittagskaffee und Abendessen eingeschlossen. Für eine um 17^{15} beginnende Motorbootfahrt durch die Löcknitz, den Werlsee und den Peetzsee zum Möllensee können Karten zum ermäßigten Preise von 0,80 RM gleichzeitig mit der Teilnehmerkarte bei der Geschäftsstelle des VDE Bezirk Berlin bestellt werden. Sie werden den Teilnehmern bei Voreinsendung auf das Postscheckkonto des VDE Bezirk Berlin, Berlin Nr. 133 02 durch die Post zugestellt.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im VDE-Haus, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
15. 6. 1939 „Angewandte Elektronenoptik".

Kabel und Leitungen. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. O. Gasser VDE.
19. 6. 1939 „Hochspannungs-Gummikabel", Vortragender: Ingenieur H. Gräper VDE.

Elektrische Bahnen. Leiter: Reichsbahn-Bauassessor Dr.-Ing. habil H. Kother VDE.
20. 6. 1939 Statt des Vortrags von Herrn Baurat Kniffler findet eine Aussprache über Kolonialbahnen und europäische Gleich- und Wechselstrombahnen statt.

Stromrichter. Leiter: Dr.-Ing. E. Kübler VDE.
21. 6. 1939 „Die selbsttätige Regelung mit Stromrichtern", Vortragender: Dipl.-Ing. F. Hölters VDE.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
22. 6. 1939 Vortragsreihe „Ultrakurz- und Dezimeterwellentechnik": „Magnetfeldröhren", Dr.-Ing. Gundlach VDE. Hörsaal 120 der T. H.

Hochspannungstechnik. Leiter: Dr.-Ing. G. Hameister VDE.
23. 6. 1939 Besichtigung. 1. Abspannwerk Leibniz. 2. Zwei Netzstationen nahe Bahnhof Charlottenburg. 3. Stutzpunkt Messe am Funkturm Witzleben. Treffpunkt: 17.30 Uhr pünktlich an der Ecke Leibnizstraße Niebuhrstraße. Teilnahme nur für Reichsdeutsche nach vorheriger Anmeldung bis spätestens zum 17. 6. 39 unter Anruf 42 00 11 App. 437.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

Deutsche Arbeitsfront, Abteilung Ausland der Reichsdienststelle des Deutschen Handwerks, Berlin. 28. 7. bis 6. 8.: Wirtschaftskundliche Studienfahrt zu den Kraftwerken Bayerns und der Ostmark. Preis einschl. Fahrgeld, Unterkunft und voller Verpflegung, sowie Besichtigungen und der Fahrt mit der Zugspitzbahn bis zum Schneefernerhaus 142 RM. Näheres durch die Deutsche Arbeitsfront, Das Deutsche Handwerk, Reichsdienststelle, Abt. Ausland, Berlin SW 68, Wilhelmstraße 140.

Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Berlin. 17. 6. (Sa): Dampferausflug mit Damen nach Ferch „Haus Amsee". Treffpunkt: 14⁴⁵, Wannsee, Dampferanlegestelle Stern am Bahnhof. Näheres durch die Geschäftsstelle: Berlin-Lichterfelde-Ost, Bahnhofstraße 41 b.

Physikalische Gesellschaft und Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Berlin. 21. 6. (Mi), 19³⁰, Phys. Inst. T. H., Kurfürstenstr. 20: „Der Schallstrahlungsdruck in Flüssigkeiten" (m. Vorführ.). G. Hertz.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin und Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Berlin. 28. 6. (Mi), 19³⁰, Phys. Inst. der Universität, Reichstagsufer 7/8: „Über ausgedehnte Schauer der Ultrastrahlung in der Luft". H. Euler.

Reichsverband der Deutschen Wasserwirtschaft, Berlin. 27. 6. bis 29. 6.: Reichswasserwirtschaftstag 1939 in Linz a. D. und Bad Ischl. Näheres durch die Geschäftsstelle: Berlin W 35, Woyrschstraße 36.

Internationaler Verein der Straßenbahnen, Kleinbahnen und der öffentlichen Kraftfahrunternehmen, Brüssel. 16. 7. bis 21. 7.: 26. Internationaler Kongreß in Zürich. Näheres durch die Geschäftsstelle: Brüssel, 18, Avenue de la Toison d'Or.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Hochschulnachrichten. — Dem Dozenten Dr.-Ing. habil. Wilhelm Bader VDE ist unter Ernennung zum ordentlichen Professor in der Abteilung für Maschineningenieurwesen und Elektrotechnik der T. H. Stuttgart der Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik übertragen worden[1]). — Dr.-Ing. habil. Wilhelm Fischer VDE ist unter Zuweisung an die Fakultät für Maschinenwesen der T. H. Aachen zum Dozenten für das Fach Elektrowärme ernannt worden. — Dr.-Ing. Erwin Kübler VDE ist beauftragt worden, in der Fakultät für Maschinenwesen der T. H. Breslau das Lehrgebiet Elektromaschinenbau in Vorlesungen und Übungen zu vertreten.

[1]) S. a. ETZ 60 (1939) H. 11, S. 349.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.39 (024)

Taschenbuch für Fernmeldetechniker. Von Obering. H. Goetsch. 7. verbess. Aufl. Mit 1185 Abb., XV u. 774 S. im Format 130 × 185 mm. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1938. Preis geb. 16 RM.

In der 7. Auflage wird nunmehr auch der Selentrockengleichrichter eingehend behandelt, und zwar an Hand einer schematischen Darstellung und von Schaubildern über Strom- und Spannungszustände. Weiter werden in diesem Teil auch Wechselrichter (Umwandlung von Gleichspannung in Wechselspannung mit Hilfe von Zerhackern) und Umrichter erläutert Neu sind auch Beschreibungen von Schießstandfernanzeigern und Personensuchanlagen z. B. in Krankenhäusern, sowie Wunschrufanlagen mit besonderen Nummernscheiben, die ebenfalls in Krankenhäusern gebraucht werden. Wichtig ist die sehr eingehende Beschreibung des sogenannten Siemens-Hell-Schreibers bei dem die Bildzeichen wie in einem Koordinatensystem Punkt für Punkt eingezeichnet werden. In der Abt. Widerstände erscheinen diesmal neu die Eisen-Wasserstoff-Widerstände ebenfalls mit Stromdiagramm und die Kohledruckwiderstände.

In dem reichhaltigen Werk sind dann noch aufgenommen worden Synchronuhren mit und ohne Gangreserve, Luftkabel und Oszillographen.

Das Buch weist dann noch zahlreiche Ergänzungen und Erneuerungen auf, so besonders in den Abschnitten Sammler und Stromversorgungsanlagen, bei der Beschreibung der Verkehrssignale, bei den Schachtsignalanlagen und andere mehr.

So paßt sich also auch die neue Auflage wiederum der sich schnell weiter entwickelten Fernmeldetechnik in durchaus erschöpfender Weise an. W. Pietsch.

DK 628.8

H. Rietschels Leitfaden der Heiz- und Lüftungstechnik. Von Prof. Dr.-Ing. H. Gröber. Mit einem meteorologisch-klimatischen und einem hygienischen Abschnitt von Dr. habil. F. Bradtke. 11. verbess. Aufl. Mit 269 Textabb., 17 Zahlentafeln, 7 Hilfstafeln, X u. 282 S. im Format 205 × 280 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1938. Preis geb. 30 RM.

Der „H. Rietschels Leitfaden der Heizungs- und Lüftungstechnik" liegt nun schon in seiner 11. Auflage vor, ein Beweis seiner Wertschätzung im Kreis der Studierenden und der in der Praxis tätigen Ingenieure. Er ist und bleibt das Standardwerk auf dem Gebiet des Heizungs- und Lüftungsfaches. Da die letzte Auflage erst vor 4 Jahren erschienen war, ist die neue Auflage nicht wesentlich geändert, sondern nur ergänzt und verbessert worden. Im Abschnitt „Berechnung" ist ein neues Verfahren zur Berechnung von Heißwasser- und Ferndampfleitungen aufgenommen worden. Die Strahlungsheizung und die Klimaanlagen werden entsprechend ihrer Bedeutung ausführlich behandelt. Der Abschnitt über meteorologische, klimatische und hygienische Grundlagen der Heizungs- und Lüftungstechnik ist im wesentlichen unverändert geblieben, wegen seiner Wichtigkeit und seiner mustergültigen Darstellung sei der Leser auf ihn besonders hingewiesen.

Auch die neue Auflage darf auf keinem Schreibtisch der Wärmeingenieure fehlen. W. Nusselt.

Berichtigungen.

In unserer Zeitschrift, Messeheft Nr. 10 vom 9. 3. 1939. wurde auf Seite 322 eine neue Mikrophon-Kupplung unter Verwendung von neuartigen Spezialkontakten abgebildet (Abb. 10) und besprochen. Hierzu teilt uns der Inhaber der Schutzrechte. Herr Ulrich Tuchel, Betriebsingenieur der Reichs-Rundfunk-G. m. b. H., mit, daß bis heute noch keine Herstellungsrechte vergeben worden sind, so daß diese Teile zur Zeit nur für den Betrieb der Reichs-Rundfunk-G. m. b. H. hergestellt werden dürfen.

In der Jubiläumsnotiz der Firma Himmelwerk AG. Tübingen ist in ETZ 60 (1939) H. 19, S. 580, Zeile 6 das Wort „Betriebe" durch „Antriebe" zu ersetzen.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dipl.-Ing. W. Burkhardtsmaier VDE, Berlin W 30, Rosenheimer Straße 25.
Postrat Prof. Dr. O. Haehnel, Berlin-Lichterfelde 1, Jägerstr. 18a.
Regierungsrat Dr.-Ing. G. Hauffe VDE, Berlin SW 61, Hornstr. 5.
Prof. Dipl.-Ing. A. Matthias VDE, Babelsberg 2, Landgut Eule.

Abschluß des Heftes: 9. Juni 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 22. Juni 1939 | Heft 25

Zwischenstaatliche Leitsätze für den Schutz von Fernmeldeanlagen gegen die Beeinflussung durch Starkstromanlagen und gegen elektrolytische Anfressungen.

(Mitteilung aus dem Reichspostzentralamt.)

Von H. Klewe VDE, Berlin.

DK 621.315.013.7 + 620.193.7 : 621.39 (083.133)

Übersicht. Die vom Zwischenstaatlichen Beratenden Ausschuß für den Fernsprechverkehr Anfang 1939 neu herausgegebenen Leitsätze gegen Beeinflussung und gegen Korrosionen werden mit den entsprechenden deutschen Vorschriften verglichen und kritisch gewürdigt.

Die Bedeutung der Leitungsgeräusche in der Fernsprechtechnik wird leicht unterschätzt. Sie liegt nicht nur in der Verminderung der Verständlichkeit; vielmehr sind die Geräusche, zumindest seit der Einführung der Verstärkertechnik, für die gesamte Netzplanung von Bedeutung. Die Zwischenverstärker gestatten, den durch die Leitungsdämpfung gesunkenen Nutzpegel immer wieder auf einen für die Übertragung ausreichenden Wert zu heben, vorausgesetzt, daß der Nutzpegel noch weit genug über dem Geräuschpegel liegt. Die Stärke der Leitungsgeräusche ist daher mit maßgebend für die zulässige Dämpfung des Verstärkerfeldes und dadurch entweder für den Abstand der Verstärker oder für den erforderlichen Drahtquerschnitt.

Bei trägerfrequenter Übertragung der Sprache, besonders im Hochfrequenzgebiet, wird die untere Grenze für den Nutzpegel durch thermisches und Röhrenrauschen gegeben, beides Größen, an denen sich nicht viel ändern läßt. In dem tonfrequenten Sprachkanal sind dagegen die Geräusche dieses Frequenzgebietes ausschlaggebend, die z. T. in der Fernsprechanlage selbst entstehen (Stromversorgungsanlage, Nebensprechen) und bekämpft werden müssen, z. T. aber auf die Einwirkung benachbarter Starkstromanlagen zurückzuführen sind und dann nur in gemeinsamer Arbeit von Gestörtem und Störer ausreichend vermindert werden können.

Es ist daher verständlich, daß der Zwischenstaatliche Beratende Ausschuß für den Fernsprechverkehr (CCIF) sich schon seit langem eingehend mit den Beeinflussungsfragen befaßt; dieses Gebiet wird von seinem ersten Berichterausschuß bearbeitet. Das Ziel ist, das ganze Gebiet gründlich zu durchforschen und auf der Grundlage der dabei gewonnenen Ergebnisse Leitsätze aufzustellen, bei deren Befolgung gewährleistet ist, daß die Beeinflussung — Störung oder Gefährdung — innerhalb der als tragbar erachteten Grenzen bleibt. Für die erforderlichen Forschungsarbeiten wurde ein besonderer Ausschuß gegründet, in dem die einzelnen Fragen gemeinschaftlich von den Fernmelde- und Starkstromorganisationen bearbeitet werden: Die CMI, Commission Mixte Internationale pour les expériences relatives à la protection des lignes de télécommunication et des canalisations souterraines.

Ungeachtet des Umstandes, daß zahlreiche Forschungsarbeiten noch in der Schwebe waren, ist die erste Ausgabe der Beeinflussungsleitsätze des CCIF (Directives concernant la protection des lignes de télécommunication contre les actions nuisibles des lignes électriques industrielles, wie sie heute heißen, kurz als „Directives" bezeichnet) schon im Jahre 1926 erschienen. 1930 wurde eine zweite Ausgabe erforderlich. In den letzten Jahren wurde diese Ausgabe gründlich umgearbeitet und in vielen Punkten erweitert, unter anderem auch durch Einarbeitung der entsprechenden Leitsätze für Telegraphenleitungen. Diese neueste Fassung ist von der Vollversammlung des CCIF in Oslo 1938 angenommen worden und nach Billigung durch die Verwaltungen und Organisationen Ende März 1939 im Druck erschienen.

Neben den reinen Beeinflussungsfragen hat das CCIF auch das Gebiet der Kabelkorrosion in seinen Arbeitsbereich einbezogen; es wird von dem zweiten Berichterausschuß zusammen mit der zweiten Abteilung der CMI bearbeitet. Auf diesem Gebiet wurden 1927 erstmalig „vorläufige Empfehlungen" (heute: Recommandations concernant la protection des câbles souterrains contre la corrosion électrolytique) herausgebracht, die nach langwierigen Erörterungen mit den beteiligten Starkstromverbänden jetzt neu bearbeitet und, entsprechend den technischen Fortschritten, ergänzt worden sind. Sie sind zusammen mit den Directives in Oslo angenommen worden und Anfang 1939 erschienen.

An der Bearbeitung der Directives und Recommandations waren die maßgebenden zwischenstaatlichen Starkstromverbände nicht nur über die CMI, sondern auch unmittelbar beteiligt, da die Redaktionsausschüsse aus Vertretern der Fernmeldeverwaltungen und Starkstromorganisationen zusammengesetzt waren und außerdem diese Organisationen bei den Tagungen der beiden Berichterausschüsse vertreten waren. Es handelt sich dabei um die UIC[1]), UIT[2]), UIPDE[3]), CIGRE[4]) und CEI[5]). Man darf die Leitsätze und Empfehlungen also wohl als den Ausdruck der Meinungen aller Beteiligten ansehen, und es dürfte daher berechtigt sein, ihren Inhalt im folgenden, unter Vergleich mit den entsprechenden deutschen Vorschriften, darzustellen und kritisch zu erörtern.

---

1) Union Internationale des Chemins de fer.
2) Union Internationale de Tramways, de Chemins de fer d'Intérêt local et de Transports publics automobiles.
3) Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique.
4) Conférence Internationale des Grands Réseaux électriques.
5) Commission Electrotechnique Internationale.

Von diesen deutschen Vorschriften sind im allgemeinen nur die „Drehstromleitsätze“ VDE 0228 bekannt, die im Vorschriftenbuch 18 Seiten umfassen. Die Directives sind dagegen ein Buch von 159 Seiten, im Format 20 × 27 cm. Man braucht sie aber dieses Umfanges wegen nicht verzagt bei Seite zu legen. In Deutschland gibt es außer VDE 0228 noch entsprechende Leitsätze für Wechselstrombahnen, die zwischen Post und Bahn vereinbart sind; ferner sind seit Jahren Leitsätze für Gleichstrombahnen mit Gleichrichterspeisung in Bearbeitung. Die Directives bringen alle diese Leitsätze, erweitert durch Vorschriften über die Beeinflussung von Telegraphenleitungen, auf den Seiten 1 bis 54. Im Anschluß daran enthalten sie Ausführungen über Gegenkapazität von Leitungen [mit Ableitung der vorher benutzten Formeln, entsprechend ETZ 48 (1927) S. 197 und 238] und Gegeninduktivität auf S. 55 bis 95, über die Berechnung des Kurzschlußstromes in vermaschten Netzen, verfaßt von dem vor kurzem verstorbenen J. Fallou[6]) auf S. 96 bis 119, über den Begriff der Geräuschspannung und Störspannung und die zur Messung dieser Größen dienenden Geräte, über die Unsymmetrie von Fernsprechleitungen und über Maßnahmen zur Senkung der Störspannung von Gleichrichtern, endlich Inhaltsverzeichnisse und eine Tafel, die für die verschiedenen Arten von Starkstrom- und Fernmeldeleitungen angibt, welche Vorschriften jeweils zu berücksichtigen sind, und die für jemanden, der seltener mit Beeinflussungsfragen zu tun hat, die Benutzung der Directives wesentlich erleichtert.

Die Directives gehen also weit über die eigentlichen Vorschriften für Näherungen hinaus und haben z. T. den Charakter eines Lehrbuchs. Das ist in der Tat notwendig, weil das CCIF naturgemäß nicht in der Lage ist, für die einzelnen Länder bindende Vorschriften aufzustellen, sondern sich auf Empfehlungen beschränken muß, nach denen die innerstaatlichen Vorschriften ausgearbeitet werden sollen. Die dabei oft notwendigen, durch örtliche Verhältnisse bedingten Abweichungen lassen sich leichter richtig formulieren, wenn in den Directives nicht nur die Forderungen gegeben sind, sondern auch ihre Ableitung und sonstige Erläuterungen.

Der Aufbau der eigentlichen Directives entspricht durchaus den Drehstromleitsätzen. Auf die allgemeinen Bedingungen, die von allen neuen Anlagen — fernmelde- und starkstromseitig — unabhängig davon, ob Näherungen vorhanden sind, erfüllt werden sollen, folgen die Sonderbedingungen für Näherungen und die Regeln, Formeln und Hilfsmittel, nach denen im Einzelfalle zu prüfen ist, ob die Bedingungen für eine Näherung eingehalten werden. Es wird manchmal bezweifelt, ob der erste Teil mit den allgemeinen Bedingungen überhaupt erforderlich ist. Wenn man ihn aber auf Bestimmungen beschränkt, die bei vernünftigem Entwurf einer Neuanlage ohne wesentliche Mehrkosten durchgeführt werden können, während ein späterer, durch eine Näherung notwendig werdender Einbau recht kostspielig sein kann, wird der Nutzen solcher Bestimmungen wohl allgemein anerkannt werden.

Die Einzelvorschriften für Näherungen mit Drehstromleitungen stimmen hinsichtlich der Gefährdung durch Knallgeräusche mit VDE 0228 überein. Hinsichtlich der Störungen durch Oberschwingungen gibt es aber einige wichtige Unterschiede, auch gegenüber den früheren Ausgaben der Directives. So sind die Begriffsbestimmungen der für die Störungsfragen wichtigsten Größen, der Geräuschspannung (Geräusch-EMK) in der Fernsprechleitung und der Störspannung der Starkstromleitung gegenüber früher wesentlich geändert. Grundsätzlich versteht man unter Geräusch-EMK eine in der Fernsprechleitung wirkende EMK von 800 Hz, die die Verständigung ebenso beeinträchtigt wie die außer der Sprechspannung vorhandene Fremdspannung. Unter Störspannung versteht man eine in der Starkstromleitung, an Stelle der Betriebsspannung mit ihren Oberschwingungen, wirksame Spannung von 800 Hz, die die Verständigung in einer benachbarten Fernsprechleitung ebenso beeinträchtigt, wie die Betriebsspannung mit ihren Oberschwingungen. Fernsprechformfaktor der Spannung ist endlich das Verhältnis der Störspannung zur Betriebsspannung.

Diese Größen werden aber heute nicht mehr durch subjektiven Vergleich gemessen, sondern objektiv mit Hilfe eines Geräts, in dem ein frequenzabhängiges Netzwerk die einzelnen Komponenten des Oberschwingungsgemisches umgekehrt entsprechend ihrer Störfähigkeit dämpft und das aus den so bewerteten Spannungen einen Effektivwert bildet. Dementsprechend versteht man heute unter der Geräuschspannung zwischen zwei Punkten den Ausdruck

$$\frac{1}{p_{800}}\sqrt{\Sigma\,(u_f\,p_f)^2}\,,$$

in dem u_f die Spannung der Frequenz f zwischen diesen Punkten und p_f das Störgewicht der Frequenz f ist. Die Zahlentafel 1 enthält die Werte des Gewichts für einige Frequenzen. Die Geräusch-EMK einer Leitung von 600 Ω Wellenwiderstand ist das Doppelte der Geräuschspannung, die sich an der mit 600 Ω abgeschlossenen Leitung ergibt; bei abweichendem Wellenwiderstand ist die Spannung leistungsmäßig auf 600 Ω umzurechnen.

Die Störspannung wird in ähnlicher Weise definiert, doch tritt unter der Wurzel noch ein Faktor k_f hinzu, der durch die Art des Energieübergangs von der Starkstrom- auf die Fernsprechleitung bestimmt ist. Bei der Störspannung einer Gleichstrombahn, die eine Fernsprechfreileitung beeinflußt, ist dieser Faktor z. B. 1, bei Beeinflussung eines Kabels durch diese Bahn wegen des Mantelschutzfaktors $800/f$, bei der Einwirkung des elektrischen Feldes einer Hochspannungsleitung auf eine Freileitung dagegen $f/800$. Die Zahlentafel enthält außer den Werten von p_f selbst (Spalte × 1) auch die Werte von $p_f\,\frac{800}{f}$ (Spalte $/f$) und von $p_f\,\frac{f}{800}$ (Spalte $\times f$).

Zahlentafel 1. Bewertungsfaktoren unter Berücksichtigung der Art der Energieübertragung.

Frequenz Hz	× 1	$/f$	$\times f$
16²/₃	0,115	4,8	0,0024
50	2,48	40	0,155
150	46	245	8.6
300	300	800	113
600	560	750	420
800	1000	1000	1000
900	1405	1250	1580
1050	1880	1430	2465
1200	1260	840	1890
1500	419	224	785
1800	289	129	650
2400	200	67	600
3000	141	38	530
4000	45	9	225
5000	19	3	120

Man sieht, daß im letzten Falle der Einfluß der Grundschwingung fast vollständig hinter dem der Oberschwingungen zurücktritt. Eine vollkommen sinusförmige Spannung von 50 Hz hat den Fernsprechformfaktor 0,000155, während der Formfaktor der Spannung mit den üblicher Weise vorhandenen Oberschwingungen in der Größenordnung von 0,01 liegt.

Ein wichtiger Unterschied zwischen den Directives (auch den früheren Ausgaben) und den Drehstromleitsätzen liegt in dem Grenzwert für die Geräusch-EMK, der nur 5 mV an Stelle von 10 mV beträgt. Er entspricht damit dem in den Leitsätzen für Wechselstrombahnen vorgesehenen Grenzwert und nähert sich wieder dem

[6]) ETZ 60 (1939) H. 11, S. 349.

Wert, der in der ersten Fassung der Drehstromleitsätze, von 1920, gefordert wurde [ETZ 41 (1920) S. 597]. Damals gab es den Begriff der Geräuschspannung freilich noch nicht; doch war für eine Größe, die wir heute als „Geräuschstrom" am Ende einer Leitung bezeichnen würden, der Grenzwert 5 µA; bei einem Wellenwiderstand von 600 Ω und angepaßtem Apparat entspricht dem eine Geräusch-EMK von 6 mV. In den Leitsätzen von 1925 wurde dieser Wert auf 10 mV heraufgesetzt und gleichzeitig der Normwert des Fernsprechformfaktors von 0,05 auf 0,02 herabgesetzt; die Bedingungen wurden also wesentlich erleichtert, etwa wie 4 : 1. Es wird notwendig sein, sich auch in VDE 0228 wieder dem Wert von 5 mV anzupassen. Bei diesem Grenzwert ist, auch in den Directives, noch gar nicht berücksichtigt, daß nach den fernsprechtechnischen Untersuchungen eine Geräusch-EMK von 5 mV der Grenzwert ist, der am Ende einer — beliebig langen — Verbindung für die Summe aller Geräusche vielleicht zugelassen werden kann. Eine einzelne Näherung dürfte eigentlich nur einen wesentlich kleineren Beitrag liefern. Auch aus diesem Grunde ist es erwünscht, und das wird in den Directives ausdrücklich betont, daß man sich bemüht, die Näherungen möglichst günstig zu gestalten, und nicht etwa schon für die erste Näherung den vollen Grenzwert erreicht.

In VDE 0228 wird mit einem Normwert des Fernsprechformfaktors von 0,02 gerechnet. Die Formeln der Directives sind dagegen auf den wirklichen Wert des Fernsprechformfaktors abgestellt. Dabei soll der gemessene Wert mit einem Sicherheitszuschlag von 50 % eingesetzt werden. Die Möglichkeit, so zu rechnen, war schon 1930 vorgesehen. Sie war damals vielleicht berechtigter als heute. Früher konnte man annehmen, daß mit der Verbesserung der elektrischen Maschinen eine Abnahme des Fernsprechformfaktors verbunden sein würde, daß also eine Berechnung auf Grund gemessener Werte in der Zukunft keine Schwierigkeiten ergeben würde. Heute ist aber infolge der wachsenden Anwendung von Großgleichrichteranlagen eher mit einer Zunahme der Oberschwingungen zu rechnen als mit einer Abnahme. Bei einer Berechnung auf Grund gemessener Werte des Formfaktors müßte also sichergestellt werden, daß durch geeignete Maßnahmen an dem Hochspannungsnetz jede wesentliche Vergrößerung des Fernsprechformfaktors verhindert wird.

Eine weitere Abweichung gegenüber VDE 0228 und auch gegenüber den älteren Directives liegt darin, daß bei der Berechnung der Störungen durch Höchstspannungsleitungen der Beitrag der Kreuzungsstellen zwischen Fernsprech- und Drehstromleitungen berücksichtigt wird. Dieser Beitrag spielt erst dann eine Rolle, wenn keine eigentlichen Näherungen vorhanden sind, und ist bei Höchstspannungsleitungen recht beträchtlich. Bei der Berechnung der Störungsgrößen wird der Beitrag der Kreuzung bis zu einem Abstand von 30 m beiderseits der Hochspannungsleitung durch einen Summanden abgegolten, der wesentlich von dem Kreuzungswinkel abhängt und, in die Schreibweise von VDE 0228 übertragen, den Wert $\frac{200\, U\, \delta}{\sin \alpha}\, 10^{-6}$ hat. Dabei ist U die verkettete Spannung in V, δ der mittlere Phasenabstand in m und α der Winkel, unter dem die beiden Linien sich kreuzen. Die anschließenden Strecken, beginnend mit dem Abstand von 30 m, sind in der üblichen Weise als Näherungen zu berechnen. Der Kreuzungsanteil ist in dieser Weise bei Spannungen von 150 000 V an zu berechnen; bei kleineren Spannungen werden die Näherungen, wie in VDE 0228, bis zu einem Abstand von 10 m von der Mittellinie der Hochspannungsleitung erstreckt und der Anteil der eigentlichen Kreuzung, also eines Streifens von 20 m Breite, vernachlässigt. Eine noch einfachere Form, den Kreuzungsanteil zu berücksichtigen, war übrigens schon in einem Entwurf der Drehstromleitsätze von 1925 vorgesehen.

Die Berücksichtigung des Kreuzungsanteils ist um so mehr berechtigt, als die Berechnung der Länge der Näherung als Projektion einer Leitung auf die andere, die in allen Leitsätzen angewendet wird, nur für die Wirkungen des magnetischen Feldes richtig ist. Beim elektrischen Feld müßte man dagegen die wirkliche Länge der beeinflußten Leitung einsetzen. Eine senkrechte Kreuzung liefert nach VDE 0228 die Störungsgröße 0, während nach der obigen Formel wenigstens der Beitrag des 60 m breiten Streifens eingeht.

Mit Rücksicht darauf, daß in vielen Ländern der Sternpunkt von Drehstromleitungen fest geerdet wird, behandeln die Directives die Wirkungen des magnetischen Feldes des Erdschlußstromes, im Falle eines Phasenerdschlusses, weit eingehender als die Drehstromleitsätze. Wichtig sind die Ausführungen über die Berechnung der Gegeninduktivität, die auch für die Beeinflussung durch Bahnen gelten. Die Gegeninduktivität zwischen zwei Leitungen mit Rückleitung durch die Erde, die hier in Betracht kommt, hängt nicht nur von dem Abstand, sondern auch in hohem Maße von der Frequenz und von der Leitfähigkeit des Erdreichs ab, wobei diese drei Größen zu einem Parameter $p = 10^6\, a \sqrt{\sigma f}$ zusammengefaßt werden können (a Abstand in m, σ Leitfähigkeit in CGS-Einheiten, f Frequenz in Hz). Abb. 1 ist

Abb. 1. Gegeninduktivität zwischen Einfachleitungen mit Erdrückleitung.

eine Wiedergabe einer Tafel der Directives, aus der die Gegeninduktivität in Abhängigkeit von diesem Parameter entnommen werden kann. Die Leitfähigkeit, deren Kenntnis dabei erforderlich ist, läßt sich oft mit ausreichender Genauigkeit aus dem geologischen Aufbau des Erdbodens ableiten. Sie liegt allerdings innerhalb sehr weiter Grenzen, etwa von $2 \cdot 10^{-12}$ für Alluvialboden bis zu $5 \cdot 10^{-15}$ für Gneis und ähnliche Gesteine, deren, wenn auch sehr geringe, Leitfähigkeit auch nur durch Wasseradern und dgl. bedingt ist.

Wenn der Erdboden, was oft vorkommt, nicht homogen, sondern geschichtet ist, wird die äquivalente Leitfähigkeit, das heißt, die Leitfähigkeit, die man aus Abb. 1 erhält, wenn man von gemessenen Werten der Gegeninduktivität ausgeht, offenbar von der Frequenz abhängen. Für den einfachsten Schichtungsfall, wenn eine Schicht endlicher Dicke h m mit der Leitfähigkeit σ_1 auf einer unendlich dicken Schicht mit der Leitfähigkeit σ_2 liegt, enthalten die Directives Kurventafeln, die gestatten, die äquivalente Leitfähigkeit abzulesen. Abb. 2 gibt eine dieser Tafeln wieder. Ist z. B. $h = 150$ m und

a. $\sigma_1 = 50 \cdot 10^{-15}$ und $\sigma_2 = 500 \cdot 10^{-15}$ (bessere Leitfähigkeit in der Tiefe) oder

b. $\sigma_1 = 500 \cdot 10^{-15}$ und $\sigma_2 = 50 \cdot 10^{-15}$,

so ergeben sich die in der folgenden Zahlentafel zusammengestellten Werte der äquivalenten Leitfähigkeit, bei denen stets der Faktor 10^{-15} zu ergänzen ist.

f (Hz)	50	100	200	400	800	1600
a.	200	145	105	80	62	55
b.	375	490	500	500	500	500

Im Falle b. macht sich die tiefere Schicht viel weniger bemerkbar als im Falle a. Die unter a. angegebenen Werte der Leitfähigkeit stimmen einigermaßen mit an verschiedenen Stellen Deutschlands gemessenen Werten überein.

Abb. 2. Äquivalente Leitfähigkeit σ_e bei geschichtetem Erdreich mit größerer Leitfähigkeit der tiefen Schicht.

Bei der Berechnung der im Falle eines Kurzschlusses (Doppelerdschlusses) induzierten Spannung wird von dem Wechselstromanteil des Anfangswertes ausgegangen. Sein voller Wert wird jedoch nur dann eingesetzt, wenn die Grenze für die induzierte Spannung durch die Durchschlagfestigkeit der Fernmeldeanlagen gegeben ist; andernfalls ist nur mit etwa $^7/_{10}$ des vollen Wertes zu rechnen. Durch diesen Faktor wird das Abklingen des Stoßstromes berücksichtigt; ob er wirklich berechtigt ist, kann man bezweifeln. Der Grenzwert für die induzierte Spannung ist dabei 300 V.

Bei der Berechnung von induzierten Spannungen ist außerdem die senkende Wirkung zu berücksichtigen, die Erdseile, Kabelmäntel und andere Metallmassen im Erdreich (Gas- und Wasserrohre), bei Bahnen auch die Schienen ausüben; die Berechnung dieser Senkung wird in einem besonderen Kapitel behandelt. Bei der Bewertung der Schutzwirkung dritter Anlagen ist allerdings etwas Vorsicht angebracht, damit nicht später Schwierigkeiten entstehen, wenn eine solche Schutzwirkung wegfallen sollte, z. B., wenn eine Gasleitung durch Einbau von Isolierstößen gegen Korrosionen geschützt wird. Anderseits ist es aber notwendig, in großen Städten mit ihren zahlreichen Rohrleitungen im Erdreich diese Wirkungen in Rechnung zu stellen, um unnötig scharfe Maßnahmen zu vermeiden.

Die Bestimmungen über die Prüfung der Näherungen mit Wechselstrombahnen konnten ziemlich kurz gehalten werden, weil die hier besonders wichtigen Angaben über die Gegeninduktivität schon vorher gebracht wurden. Es wäre vielleicht zweckmäßiger gewesen, diese Unterlagen in einem besonderen Abschnitt zu vereinigen. Der Grenzwert für die induzierten Spannungen im Regelbetrieb ist mit 60 V niedriger angesetzt als in Deutschland (100 V), doch werden für Fälle, in denen sich die niedrige Spannung nicht einhalten läßt, auch 150 V zugelassen, allerdings unter besonderen Vorsichtsmaßnahmen.

Bemerkenswert ist, daß bei der Berechnung der Störungen von Fernsprechdoppelleitungen neben der Geräusch-EMK, die unmittelbar in der Schleife entsteht, nunmehr auch der Anteil berechnet werden soll, der sich aus dem Zusammenwirken der Geräuschlängsspannung und der Unsymmetrie gegen Erde ergibt. Die Unsymmetrie wird dabei durch den „Empfindlichkeitsbeiwert" gemessen, einen Faktor, der für eine bestimmte Leitung im wesentlichen das Verhältnis der Geräusch-EMK zur Geräuschlängsspannung, unter Ausschaltung des Schleifeneffektes, darstellt und, da er von zufälligen Unsymmetrien abhängt, von Leitung zu Leitung und auch von Tag zu Tag stark verschieden sein kann. Man muß sich daher darauf beschränken, wahrscheinliche Werte des Empfindlichkeitsbeiwerts durch Messungen an zahlreichen Leitungen, bei natürlicher oder künstlicher Beeinflussung, zu ermitteln. Die Berechnung muß dann darauf abgestellt werden, daß man für z. B. 80 % der Leitungen eine Geräusch-EMK zu erwarten hat, die unter dem zulässigen Grenzwert liegt, während für den Rest die Werte darüber liegen werden, für einen beträchtlichen Teil des Restes allerdings nur wenig. Zahlenwerte für den Empfindlichkeitsbeiwert, dessen Messung in einem Anhang genauer beschrieben ist, werden allerdings noch nicht angegeben, weil die Ergebnisse verschiedener Meßreihen noch zu weit auseinander liegen, ohne daß die Ursachen dieser Unterschiede bisher geklärt worden sind.

Das Kapitel über die Berechnung der Störungen durch Gleichstrombahnen behandelt eingehend nur die Wirkungen des magnetischen Feldes. Das Rechenverfahren und die dabei einzusetzenden Zahlenwerte stimmen weitgehend mit dem oben erwähnten, beim VDE in Bearbeitung befindlichen Entwurf überein. Auch hier wird der Empfindlichkeitswert berücksichtigt. Eine Senkung der Geräusche kann, wenn es sich um durch Gleichrichter gespeiste Bahnen handelt, oft durch Ausrüstung des Gleichrichters mit einem „Wellensauger" erzielt werden. Diese Maßnahme wird besonders dann wirtschaftlich sein, wenn die Zahl der gestörten Leitungen groß ist. Im Anhang werden nähere Angaben über Wellensauger und die bei ihrem Aufbau zu beachtenden Gesichtspunkte, sowie über einige ausgeführte Wellensauger gegeben. Danach ist es, entgegen einer häufig wiederkehrenden Behauptung, durchaus möglich, die Störspannung bei niedriger Gleichspannung unter 5 V zu senken und bei hoher Spannung Fernsprechformfaktoren unter 0,005 zu erreichen.

Der Empfindlichkeitsbeiwert wird vorläufig allerdings nur bei der Berechnung der vom magnetischen Feld herrührenden Störungen berücksichtigt; beim elektrischen Feld wird dagegen nur der reine Schleifeneffekt berechnet. Das hängt damit zusammen, daß die Erkenntnisse über den Empfindlichkeitsbeiwert sich aus Untersuchungen über induktive Beeinflussung ergeben haben. Für die kapazitive Beeinflussung fehlt überhaupt noch eine geeignete Begriffsbestimmung. Der Empfindlichkeitsbeiwert hängt zwar mit der Erdunsymmetrie der Leitungen zusammen, ist aber daraus nicht in einfacher Weise abzuleiten, weil für beide Größen die Potentialverteilung der Leitungen verschieden ist: Beim (induktiven) Empfindlichkeitsbeiwert wird vorausgesetzt, daß alle Leitungen der Linie gleichmäßig beeinflußt sind und daher, unter der Voraussetzung gleicher Länge, kein oder nur ein geringes Potential gegeneinander haben, bei der Messung der Erdunsymmetrie wird dagegen nur der zu untersuchenden Leitung eine Spannung aufgedrückt. Außerdem ist für den Empfindlichkeitswert offenbar nicht die vom Ende einer Leitung aus gemessene Erdunsymmetrie maßgebend, sondern die von der Beeinflussungsstelle aus gemessene.

Über die Bestimmungen, die sich auf die Beeinflussung von Telegraphenleitungen beziehen, sei nur ge-

sagt, daß sie hinsichtlich der Gefährdung den Fernsprechleitungen gleichgestellt sind, abgesehen natürlich von der Gefährdung durch Knallgeräusche, und daß bei den Störungen durch Hochspannungsleitungen das elektrische Feld beim Phasenerdschluß und das magnetische Feld des Erdschlußstromes zu berücksichtigen sind. Bei der Störung durch Wechselstrombahnen sind elektrisches Feld der Betriebsspannung und magnetisches Feld der Betriebsströme in Rechnung zu stellen.

Während die Directives des CCIF schon in ihrer ersten Ausgabe ohne Einschränkung gültig waren, sind die Empfehlungen zum Schutze gegen Korrosionen (Recommandations) 1927 ausdrücklich als vorläufig bezeichnet worden. Sie enthalten in der neuesten Fassung außer den allgemeinen Ausführungen und den Angaben über korrosionshindernde Maßnahmen an Bahn- und Kabelnetzen (10 S.) einen kurzen Anhang über die Berechnung der Spannungsverteilung im Schienennetz (5 S.) und einen Anhang über die elektrischen Meßverfahren, die bei Korrosionsuntersuchungen in Betracht kommen (14 S.).

Die grundlegenden Empfehlungen für das Schienennetz sind heute nicht mehr wesentlich von den in VDE 0150 enthaltenen verschieden. In der ursprünglichen Fassung war, in Anlehnung an Schweizer Vorschriften, gefordert, daß im Gefährdungsgebiet die — vorausberechnete — mittlere Spannung der Schienen gegen Erde nicht höher als 0,8 V sein sollte. Diese Bestimmung mag wohl sehr wirksam sein, sie ist aber von den Vertretern der Bahnen immer wieder als unnötig scharf bezeichnet worden, wobei sie sich auf die guten Erfahrungen in Deutschland berufen konnten, wo die Vorschriften nur den Gesamtspannungsabfall im Schienennetz begrenzen, aber nicht die Spannung der Schienen gegen Erde.

Man muß auch zugeben, daß die Vorausberechnung der Spannung Schiene — Erde unsicherer ist als die Berechnung der Spannungsabfälle im Schienennetz selbst, weil im ersten Falle die schlecht bekannten Übergangswiderstände gegen Erde eingehen, im zweiten Falle dagegen nur die gut bekannten Gleiswiderstände (man pflegt bei dieser Berechnung den aus den Schienen austretenden Strom zu vernachlässigen, die berechneten Längsspannungen sind also obere Grenzwerte). Die Begriffsbestimmung und Messung solcher Übergangswiderstände haben sogar zu längeren Erörterungen geführt. Anderseits ist ein Vergleich gemessener und berechneter Werte der Spannung Schiene — Erde oft sehr aufschlußreich, weil starke Unterschiede unbeachtete Inhomogenitäten des Erdbodens (das ist gerade die Unsicherheit der Berechnung), häufiger aber Fehler im Schienennetz, Verbindungen mit anderen Metallmassen usw. erkennen lassen, deren Beseitigung zur Vermeidung von Korrosionen beiträgt. In der heutigen Fassung der Recommandations hat man sich daher bei den Vorschriften auf die Längsspannungen beschränkt und die Begrenzung der Spannung gegen Erde fallen gelassen. Man empfiehlt aber trotzdem, diese Spannung vorauszuberechnen, die Berechnungen auch bei der Bemessung des Gleis- und Rückleitungsnetzes zu verwerten und später die gemessenen Werte mit den berechneten zu vergleichen. Grobe Abweichungen sollen aufgeklärt und gegebenenfalls die Fehlerursachen beseitigt werden.

Die Maßnahmen an den Kabelnetzen zum Schutz gegen Anfressungen sind, entsprechend der technischen Entwicklung der letzten Jahre, wesentlich erweitert worden. Diese Entwicklung hat sich meist außerhalb von Deutschland vollzogen, wo die Korrosionen viel seltener sind als im Ausland, vermutlich wegen der guten Wirkung der Vorschriften von 1910. Man kann Korrosionen offenbar verhindern, wenn man die Kabel vollkommen gegen Erde isoliert. Isolierende Schichten auf dem Kabel sind allerdings meist nicht sehr zuverlässig, weil ihre Haltbarkeit beschränkt ist und weil an kleinen Schäden leicht Lochfraß auftritt. Besser sind schon Schutzschichten, die dank ihrer Zusammensetzung zwar nicht isolieren, aber als Halbleiter gewährleisten, daß der Stromaustritt aus dem Bleimantel in die Hülle durch Elektronen erfolgt. Weiter können gewisse besondere Verlegungsarten wirksam sein, so die Verlegung der Kabel auf großen Porzellanrollen, die in geeigneten Abständen in weiten Röhren angebracht sind.

Einen vollständigen Schutz gegen Anfressung würde man offenbar auch gewinnen, wenn man den metallischen Zusammenhang des Mantels in entsprechend kleinen Abständen durch Isoliermuffen unterbrechen würde. Die Zahl der hierbei notwendigen Muffen ist freilich groß, und die Forderungen an ihre Dichtigkeit und Dauerhaftigkeit sind beträchtlich. Gegen diese wirksame Maßnahme spricht, daß aus anderen Gründen die Aufrechterhaltung des metallischen Zusammenhangs erwünscht sein kann (Schutz gegen Beeinflussung). In vielen Fällen ist aber ein Schutz gegen Anfressungen schon durch Einbau weniger Isoliermuffen an richtig gewählten Punkten des Netzes zu erreichen, besonders, wenn es darauf ankommt, Teile des Kabelnetzes, die mit Schienen verschiedenen Potentials zusammenkommen, gegen einander abzuriegeln.

Eine viel erörterte Maßnahme ist die elektrische Dränage, also die Herstellung metallischer Verbindungen zwischen Kabel und Schienen an Punkten, in deren Umgebung der Strom vorzugsweise aus den Kabeln austritt (Rückspeisepunkte usw.). Die Dränage kann recht wirksam sein; sie hat aber unstreitig den Nachteil, daß die Fremdströme im Kabelnetz zunehmen, manchmal so stark, daß bei Überlastungen oder Kurzschlüssen im Bahnnetz die Kabelmäntel gefährdet sind, daß ferner bei Potentialverlagerungen im Schienennetz (infolge von Umschaltungen z.B.) die Kabel starker Anfressung ausgesetzt sind und daß endlich aus anderen Rohrnetzen im Erdreich, die nicht an der Dränage beteiligt sind, Ströme in die Kabel übertreten, wodurch diese anderen Netze korrodieren. Die beiden ersten Nachteile können durch zweckmäßige Wahl der Verbindungspunkte, sorgfältige Überwachung und besondere Überstrom- oder Rückstromschalter in den Verbindungen bekämpft werden.

Ein sehr wirksames Verfahren gegen Anfressungen, das allerdings beträchtliche Aufwendungen im Kabelnetz erfordert, ist in Italien entwickelt worden. Durch Einschaltung von Widerständen in die Dränageverbindungen und durch Isoliermuffen mit nebengeschaltetem Widerstand wird das Potential der Kabel gegen das umgebende Erdreich so gesteuert, daß es überall negativ ist, dabei aber möglichst klein. Aus den zu schützenden Kabeln treten also keine Ströme aus, es werden aber auch keine starken Ströme angesaugt. Die richtige Wahl der Einbaupunkte und die zweckmäßige Einstellung der Widerstände erfordert umfangreiche Messungen; außerdem muß die Spannung an den verschiedenen Punkten des Kabelnetzes ständig überwacht (dazu dienen Meßleitungen in den Kabeln) und nach Bedarf nachgeregelt werden. Der Aufwand für dieses Verfahren wird wohl nur in solchen Fällen zu rechtfertigen sein, in denen das Schienennetz den üblichen Anforderungen nicht entspricht.

Der Gedanke, das Kabelnetz künstlich negativ gegen Erde zu machen, ist an sich nicht neu. Man hat schon früher versucht, dies durch besondere, zwischen Mantel und Erdplatten geschaltete Gleichstromquellen zu erreichen. Bei der guten Erdung des Mantels müssen die Abstände zwischen solchen Stromquellen allerdings klein sein. Die Möglichkeit, als Stromquellen hierfür Trockengleichrichter einzusetzen, kann zu neuen Versuchen mit diesem Verfahren führen.

Unter den Meßverfahren ist besonders das von Schlumberger-Gibrat entwickelte differentielle Verfahren zu erwähnen[7]), das gestattet, den aus einer Rohrleitung austretenden Strom ohne Aufgrabung zu

[7]) ETZ 56 (1935) S. 481.

messen oder wenigstens Änderungen dieses Stromes mit Änderungen einer anderen Größe, z. B. der Spannung Schiene — Erde, in Beziehung zu setzen. Weiter werden einige Schaltungen nach Art von Thomson-Brücken angegeben, mit denen der zwischen zwei Meßstellen aus dem Kabel austretende Strom unmittelbar abgelesen werden kann; sie ersparen die sonst erforderliche gleichzeitige Messung und Differenzbildung.

Auf die wesentliche Bedeutung besonders der Beeinflussungsfragen für die Fernsprechtechnik ist schon eingangs hingewiesen worden. Man könnte aber zweifeln, ob auf diesem Gebiet eine zwischenstaatliche Regelung notwendig ist oder ob nicht eine innerstaatliche Regelung genügt. Hinsichtlich der Geräusche in Fernsprechleitungen und der darin auftretenden Gefährdungsspannungen ist offenbar eine einheitliche Regelung erforderlich, um sicherzustellen, daß bei Durchgangsverbindungen nicht etwa ein Land zu hohe Beiträge zu den Störungs- und Gefährdungsgrößen liefert. Bei der heutigen Vermaschung der Hochspannungsnetze, die oft dem Energietransport über eine Grenze dienen, ist aber auch für diese Leitungen Einheitlichkeit der Anforderungen durchaus erwünscht. Auf dem Gebiet der Korrosionen wird eine innerstaatliche Regelung im allgemeinen genügen. Hier bietet die zwischenstaatliche Bearbeitung die — auch auf dem Beeinflussungsgebiet beachtlichen — Vorteile, daß den kleineren Ländern fertige Ergebnisse dargeboten werden, die sie selbst kaum erarbeiten können, und daß durch die Gemeinschaftsarbeit, durch das Zusammentragen der Erfahrungen von vielen Seiten, die Lösungen allgemeiner und weittragender werden als bei getrennter Bearbeitung an den einzelnen Stellen.

Zusammenfassung.

In den neuen zwischenstaatlichen Leitsätzen sind zahlreiche Erkenntnisse der letzten Jahre berücksichtigt worden, denen in den schon recht alten entsprechenden deutschen Leitsätzen noch nicht Rechnung getragen werden konnte. Es handelt sich dabei besonders um die Begriffe der Geräuschspannung und Störspannung, den Grenzwert für die Geräusch-EMK, die Berücksichtigung der Kreuzungen zwischen Hochspannungs- und Fernsprechleitungen, die genaue Berechnung der Gegeninduktivität und der Senkung der induzierten Spannung durch benachbarte geerdete Leitungen und den Einfluß des Empfindlichkeitsbeiwerts sowie um neue Verfahren zum Schutz gegen Korrosionen. Bei einer Neubearbeitung müssen die deutschen Leitsätze entsprechend erweitert werden.

Die Meßgeräte der Telegraphie.

Von G. Keller VDE, Berlin.

DK 621.317.7 : 621.394

Übersicht).* Die ständig wachsenden Anforderungen an die Übertragungsgüte der Telegraphierverbindungen haben die Bedeutung der Telegraphenmeßgeräte sehr stark in den Vordergrund gerückt. Im folgenden soll daher ein Überblick über Meßgeräte und Meßverfahren gegeben werden. Einleitend wird der Begriff der Telegraphierverzerrung kurz erörtert.

Für die Überwachung bestehender und zur Errichtung neuer Telegraphennetze ist es notwendig, die Güte der Telegraphenverbindungen und ihrer einzelnen Abschnitte zu kennen. Die Leistungsfähigkeit und Betriebssicherheit eines Übertragungsweges werden grundsätzlich nach der Größe der auftretenden Telegraphieverzerrung beurteilt, denn die Telegraphenempfänger geben nur dann die Zeichen richtig wieder, wenn die Verzerrung unter einem bestimmten Wert, dem Spielraum der Empfangsgeräte, bleibt.

Grundsätzliches über Verzerrung.

Die Telegraphie beruht bekanntlich darauf, daß auf einer Leitung eine Folge von Stromschritten verschiedener, aber bestimmter Zeitdauer und wechselnder Stromrichtung übertragen wird. Abb. 1 a zeigt z. B. Doppelstrom-Telegraphierzeichen, wie sie eine Tasteinrichtung unverzerrt aussendet. In der Reihenfolge und Länge dieser Stromschritte ist die Nachricht enthalten. Nicht die Größe der Ströme, auch nicht die in ihnen enthaltenen Frequenzen sind maßgebend, sondern lediglich die Zeitpunkte des Wechselns der Stromrichtung. Deshalb führt man auch die wichtigste Messung in der Telegraphie auf Zeitmessung zurück. Die Zeitdauer jedes Stromschrittes ist nun nicht willkürlich, sondern bei der heutigen Maschinentelegraphie sind die Zeichenlängen ein ganzes Vielfaches einer Einheit. Bei der am meisten benutzten Telegraphiegeschwindigkeit von 25 Hz = 50 Bd beträgt die Zeitdauer der Einheit 20 ms. Die Telegraphierzeichen werden verzerrungsfrei übertragen, wenn die Wiedergabeverzögerungen zwischen den einzelnen Kontaktgaben der Tasteinrichtung und den entsprechenden Kontaktgaben der Empfangseinrichtung gleich sind. In Abb. 1 b ist daher die Verzerrung des Empfangszeichens $V = 0\,\%$. Im allgemeinen aber erfahren die einzelnen verschieden langen Stromschritte auf ihrem Wege durch Leitungen, Siebketten und Relaisübertragungen infolge ihrer unterschiedlichen Wiedergabeverzögerungen gewisse zeitliche Verschiebungen, Abb. 2. Die größte bei einer Folge von Telegraphierzeichen vorkommende zeitliche Verschiebung, bestimmt durch den Unterschied zwischen der größten und kleinsten Wiedergabeverzögerung, wurde vom CCIT mit „Unschärfe" bezeichnet. Das Verhältnis der Unschärfe zur Zeitdauer des kürzesten Telegraphierschrittes, der Einheit, wird nach den Festlegungen des CCIT „Verzerrung" genannt und in Prozent ausgedrückt. In Abb. 2 ist die Verzerrung des Empfangszeichens

a Sendezeichen
b Empfangszeichen
t Zeit
J Strom
Wiedergabeverzögerungen: $t_1 = t_2 = t_3 = t_4 = t_5$
T Stromschritteinheit
Verzerrung: $V = 0\%$

Abb. 1. Unverzerrtes Doppelstromtelegraphierzeichen.

*) Vortrag, gehalten im VDE-Bezirk Berlin am 19. 1. 1939 (Fachgebiet: Leitungstelegraphie und -telephonie).

$V = \varepsilon / T \cdot 100\,\%$, wobei die Unschärfe mit ε, die Zeitdauer des kürzesten Telegraphierschrittes mit T bezeichnet ist.

Verzerrungsarten. Die Verzerrung wird nach ihren wichtigsten Erscheinungsformen eingeteilt in:

1. einseitige,
2. Regelverzerrung und
3. unregelmäßige Verzerrung.

a Sendezeichen
b Empfangszeichen
t Zeit
J Strom

größte Wiedergabeverzögerung: $t_{max} = t_1 = t_3 = t_5$
kleinste Wiedergabeverzögerung: $t_{min} = t_2 = t_4$
Unschärfe: $\varepsilon = t_{max} - t_{min}$
T Stromschritteinheit

$$V = \frac{\varepsilon}{T} \cdot 100\,\%$$

Abb. 2. Verzerrtes Doppelstrom-Empfangszeichen.

Die einseitige Verzerrung wird im wesentlichen durch einseitig arbeitende Relais und Telegraphiersender und durch einseitige Batteriehälften hervorgerufen. Sie kann sich erfahrungsgemäß während des Betriebes stark verändern. Die Regelverzerrung dagegen wird in der Hauptsache durch die elektrischen Eigenschaften des Übertragungsweges sowie durch die Höhe der Telegraphiergeschwindigkeit bestimmt und ist im allgemeinen für eine Leitung ziemlich konstant. Die unregelmäßige Verzerrung kann durch störende Beeinflussung der Leitung aus Starkstromanlagen oder benachbarten Fernmeldeanlagen, durch schlechte Nachbildungen und Relais und dgl. verursacht werden. Sie ist von allen Verzerrungsarten den weitaus größten Schwankungen unterworfen, d. h. sie kann plötzlich eintreten und zwischen kleinen und großen Werten lebhaft wechseln.

Messung der Telegraphierverzerrung.

Über die Messung der Telegraphierverzerrung sind seit mehr als zehn Jahren Untersuchungen angestellt worden. Dabei wurden im wesentlichen folgende Meßverfahren gebraucht:

1. Messen der einzelnen Zeichenlängen mit schreibenden Geräten und mit dem Schleifenoszillographen;
2. Messen regelmäßiger Zeichenschrittlängen durch Summation der Produkte aus Strom und Zeit mit Drehspulinstrument;
3. Messen der Zeicheneinsatzverschiebung von gleichlaufenden Zeichen mit stroboskopischem Empfänger;
4. Messen der Zeicheneinsatzverschiebung von Springschreiberzeichen mit Springschreiberempfänger.

1. Schreibende und aufzeichnende Geräte.

Bei den Zeichenschreibern werden die empfangenen Zeichen unmittelbar auf Papier geschrieben. Die Geräte sind so gebaut, daß man aus den aufgezeichneten Längen der Stromschritte die Verzerrung errechnen kann. Man verwendet diese Geräte heute praktisch nur noch für die Messung der Verzerrung von Wahlimpulsen, also kurzzeitigen Vorgängen, aber nicht mehr für die Untersuchung von Telegraphierzeichen.

Zur Einstellung und Überwachung von Wahlverbindungen werden Geräte benutzt, die als Impulsschreiber bekannt sind. Ihre Aufgabe besteht darin, den Absolutwert der Zeitdauer jedes Stromschrittes oder jeder Pause zu messen, denn die Wähler, die durch diese Stromschritte gesteuert werden, arbeiten nur dann fehlerfrei, wenn die Stromschritte und Pausen bestimmte Grenzwerte einhalten. Die Impulsschreiber zeichnen die Stromschritte, die die Nummernscheibe aussendet, in Kurvenform auf einem Papierstreifen auf, der eine Zeitskala besitzt. Bei solchen Geräten ist die Auswertung der Streifen, besonders bei Messungen über längere Zeit, mühsam. Noch unangenehmer und zeitraubender ist die Auswertung derartiger Messungen, wenn diese mit dem Schleifenoszillographen gemacht werden. Doch hat man bei beiden Geräten den Vorteil, eine dokumentarische Aufzeichnung zu besitzen. Der in jüngster Zeit entwickelte Impulszeitmesser[1]) vermeidet den Nachteil der mühsamen Auswertung bei der Messung von Wahlimpulsen durch die Möglichkeit, die Dauer von Stromschritten und Pausen unmittelbar abzulesen. Das Gerät besteht im wesentlichen aus einer Relaisschaltung und einer Kathodenstrahlröhre. Der Grundgedanke, nach dem die Impulslängen gemessen werden, ist folgender:

Zur Zeit des Impulsbeginnes wird der Kurzschluß an einem Kondensator, der in Reihe mit einem Widerstand an einer Gleichspannung liegt, aufgehoben, so daß die Spannung am Kondensator entsprechend der Zeitkonstante dieses Kreises ansteigt. Diese Spannung lenkt den Lichtstrahl einer Kathodenstrahlröhre in waagerechter Richtung ab. Am Schluß des Impulses wird er senkrecht dazu abgelenkt, so daß das Ende der Impulszeit genau geeicht und leicht abgelesen werden kann.

Abb. 3. Grundschaltung und Verlauf des Kathodenstrahles des Impulszeitmessers.

Die Grundschaltung des Gerätes und der Verlauf des Kathodenstrahles sind in Abb. 3 wiedergegeben. Das Empfangsrelais K wird von den Impulsen gesteuert und überträgt diese auf das prellfrei arbeitende Zwischenrelais R. Solange der Anker r an T liegt, d. h. solange k geöffnet ist, wird der Kondensator C_1 über den Widerstand W_5 praktisch kurzgeschlossen, da W_5 sehr klein gegenüber W_3 ist. Das diesem Kondensator parallel geschaltete Plattenpaar P_x der Kathodenstrahlröhre führt daher nur eine verschwindend kleine Spannung, durch die eine Ablenkung des Lichtstrahles in der waagerechten Richtung p_x nicht erfolgt. Dem Kondensator C_2 ist das Plattenpaar P_y parallel geschaltet, das den Kathodenstrahl in senkrechter Richtung ablenkt. An beiden liegt die Spannung E_2, so daß der Lichtstrahl von seinem Ausgang O in der senkrechten Richtung p_y nach A abgelenkt wird.

[1]) E. Breitenbruch u. H. Fülling, Telegr. u. Fernspr.-Techn. 28 (1939) S. 51.

Wird der Kontakt *k* geschlossen, dann bewegt sich der Anker *r* von seinem Kontakt *T* nach dem Kontakt *Z*. Während der Schwebelage des Ankers *r* bewegt sich der Lichtstrahl von *A* nach *B*, denn Kondensator C_1 beginnt sich über Widerstand W_3 aufzuladen, und die an C_1 und P_x vorhandene Spannung lenkt den Strahl waagerecht ab. Erreicht der Anker *r* den Kontakt *Z*, so wird Kondensator C_2 über W_5 praktisch kurzgeschlossen, da W_5 sehr klein gegenüber W_4 ist. C_2 und Plattenpaar P_y verlieren ihre Spannung, so daß der Lichtstrahl von *B* nach *C* bewegt wird. Da die Spannung am Kondensator C_1 weiter zunimmt, wird der Strahl von *C* aus in der Richtung p_x fortbewegt.

Wenn der Impuls zu Ende ist, öffnet der Kontakt *k*, und das Relais *R* hebt seinen Anker von dem Kontakt *Z* ab. Dadurch erhält der Kondensator C_2 wieder Spannung, die sehr schnell anwächst, weil die Zeitkonstante des Kreises, der aus dem Widerstand W_4 und C_2 besteht, klein ist. Der Strahl wird infolgedessen vom Punkt *D* zum Punkt *E* hin steil abgelenkt. Sobald der Anker *r* an den Kontakt *T* anlegt, verliert C_1 seine Spannung. Diesem Zeitpunkt entspricht der Punkt *E* des Strahlenganges. Der Strahl hat keine Auslenkung mehr in der Richtung p_x und geht daher in seine Ausgangsstellung *A* zurück.

Abb. 4. Ansicht des Impulszeitmessers.

Der Abstand von *A* bis *D* ist also ein Maß für die Zeitdauer des Impulses. Zur Messung der Impulslänge ist nur die Anzeige des Punktes *D* nötig. Deshalb wird der Leuchtschirm der Kathodenstrahlröhre so verdeckt, daß nur ein Teil des Strahlenganges zwischen *D* und *E* sichtbar ist. Der Ausschnitt ist mit einer in Millisekunden geeichten Skala versehen. Die Impulslänge kann also unmittelbar abgelesen werden.

Meßgenauigkeit. Die Genauigkeit der Anzeige des Gerätes ist von der Konstanz der Spannungen abhängig, mit denen die Kathodenstrahlröhre betrieben wird. Durch eine Regelvorrichtung wird erreicht, daß bei Schwankungen der Netzspannung von ± 10 % der Anzeigefehler nicht größer als ± 0,5 % wird. — Abb. 4 zeigt die Ansicht des Gerätes in Versuchsausführung.

2. Integrierende Geräte.

Einen weiteren Schritt in der Entwicklung der Meßgeräte bedeutet die Anwendung des integrierenden Meßverfahrens mit unmittelbarer Anzeige des Verzerrungsmaßes. Das Verfahren benutzt zur Messung den mittleren Ausschlag eines Zeigerinstrumentes, der sich einstellt, wenn durch das Instrument eine Folge regelmäßiger Zeichen geschickt wird. Aus dem Grundgedanken der Messung geht hervor, daß infolge der Mittelwertsanzeige unregelmäßige Verzerrungen, wie sie Telegraphierzeichen beim Durchlaufen des Übertragungsweges erfahren können, nicht in wirklicher Größe angezeigt werden. Das Verfahren wird daher weniger zum Messen als vielmehr zum Beobachten einseitiger und unregelmäßiger Verzerrungen verwendet. Die Grundschaltung einer derartigen Meßanordnung ist in Abb. 5 dargestellt. Die beiden Kontakte des Empfangsrelais liegen über

t Zeit J Strom

Abb. 5. Integrierende Meßanordnung.

Sicherungslampen an einer Prüfbatterie, die durch einen Spannungsteiler überbrückt ist. Zwischen Spannungsteilermitte und Relaisanker ist über einen Widerstand ein Drehspulinstrument geschaltet. Auf das Empfangsrelais *ER* werden die zu untersuchenden Wechsel, d. h. Stromschritte von stets wechselnder Richtung, aber gleicher Länge gegeben. Ist der Mittelwert der vom Relais gesteuerten Stromstärke bei gleicher Amplitude auf Trenn- und Zeichenseite gleich Null, so haben Zeichen- und Trennschritte gleiche Dauer, d. h. die Wechsel haben keine Verzerrung. Die Gleichheit der Stromstärke bei der Kontaktgabe nach beiden Seiten wird durch den symmetrischen Spannungsteiler erreicht. Sind die Wechsel jedoch verzerrt, so zeigt das Instrument einen Mittelwert an, der der Zeichenverzerrung proportional ist. Nach diesem Prinzip werden im praktischen Telegraphenbetrieb bei Beobachtung der im Leitungszug und in den Ortskreisen liegenden Instrumente die Übertragungswege bequem und rasch eingeregelt.

Die bisher betrachteten Meßverfahren sind jedoch für die uneingeschränkte Erfassung von Telegraphieverzerrungen unzulänglich. Die weiteren Betrachtungen sollen daher Meßgeräte behandeln, die auf den Grundsätzen der Zeicheneinsatzmessung aufgebaut sind und den heutigen Anforderungen der Meßtechnik in der Telegraphie in jeder Weise genügen. Die Forderungen erstrecken sich dabei im wesentlichen auf rasche und bequeme Erfassung aller Verzerrungsarten bei hoher Meßgenauigkeit und sofortiger Ablesung der Werte in Prozenten. Zu den Geräten, die diese Forderungen erfüllen, gehören der Verzerrungsmesser zum Messen von Gleichlauf-Telegraphierzeichen und der Verzerrungszeiger zum Messen von Springschreiberzeichen.

3. Der Verzerrungsmesser.

Aufbau und Wirkungsweise des Gerätes. — Der Verzerrungsmesser[2]) zeigt optisch den genauen Einsatz eines jeden Stromschrittes an.

An Hand von Abb. 6 a soll die Arbeitsweise des Verzerrungsmessers näher erläutert werden. Das Gerät enthält einen Sender, der unverzerrte Telegraphierzeichen erzeugt, und einen Empfänger, der nach dem stroboskopischen Prinzip arbeitet. Er besteht im wesentlichen aus einer Umlaufscheibe, auf der zwei um 180° versetzte Glimmlampen angeordnet sind. Die Nockenscheiben des

[2]) A. Jipp u. O. Römer, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. 21 (1932) S. 121. — G. Keller, VDE-Fachber. 8 (1936) S. 173.

Senders und die Umlaufscheibe des Stroboskopes sitzen auf einer gemeinsamen Antriebswelle und laufen daher synchron. Der Sender S betätigt über die zu messende Telegraphenverbindung das Empfangsrelais ER des Verzerrungsmessers. Bei jedem Aufschlag des Relaisankers auf den Trenn- bzw. Zeichenkontakt bringt der Ladestromstoß des jeweils angeschalteten Kondensators C über Widerstand R und Übertrager $Ü$ die beiden in Reihe geschalteten Glimmlampen G_1 und G_2 kurzzeitig zum Aufleuchten. Das Aufleuchten der beiden Glimmlampen, die unter Schlitzblenden angebracht sind, wird in Form von Lichtstreifen am Umfang der Umlaufscheibe sichtbar.

Tr Trennstrom *Z* Zeichenstrom

Abb. 6. Verzerrungsmesser: Erläuterung der Arbeitsweise. *a* Übertragung; *b* unverzerrte Doppelstromwechsel; *c* verzerrte Doppelstromwechsel.

Die Einsätze der in Abb. 6b dargestellten unverzerrten Doppelstromwechsel werden auf folgende Weise auf der Umlaufscheibe abgebildet: Beim Einsatz des Trennschrittes zur Zeit t_1 wird der Relaisanker *er* auf Trennseite gelegt und bringt durch den bereits erwähnten Übertragungsvorgang die beiden Glimmlampen G_1 und G_2 zum Aufleuchten. Der elektrische Vorgang zur Zeit t_1 wird demnach auf der Umlaufscheibe durch zwei um 180° versetzte kurzzeitig aufleuchtende Lichtstreifen wiedergegeben, von denen einer zur Erleichterung bei der Feststellung der Verzerrungsrichtung quer unterteilt ist. Die Zeitdauer der Schritteinheit entspricht einer halben Umdrehung der Umlaufscheibe, so daß der Einsatz des Zeichenschrittes zur Zeit t_2 von den beiden Glimmlampen nach ihrer Standortänderung um 180° angezeigt wird. Auf diese Weise erscheint zur Zeit t_2 der unterteilte Lichtstreifen an der gleichen Stelle, bei der zur Zeit t_1 der volle Lichtstreifen stand, und umgekehrt. Das jeweilige Decken des unterteilten mit dem vollen Lichtstreifen besagt, daß die Zeichen unverzerrt empfangen werden. Die zeitlichen Verschiebungen im Einsatz der in Abb. 6c dargestellten verzerrten Doppelstromwechsel geben Verschiebungen im Einsatz der Lichtstreifen auf dem Umfang der Umlaufscheibe. Die durch diese Verschiebung entstehenden Abstände zwischen dem jeweils unterteilten und vollen Lichtstreifen sind ein Maß für die Verzerrung. Der halbe Umfang des die Umlaufscheibe einschließenden Skalenringes entspricht der Zeitdauer des kürzesten Telegraphierschrittes. Die Halbringe der Skala sind in je 100 Teile eingeteilt, so daß die Verzerrung unmittelbar in Prozent des Stromschrittes abgelesen werden kann. Die Skala ist drehbar angeordnet, so daß zur leichteren Ablesung die Zeicheneinsätze auf die Nullpunkte der Teilung eingestellt werden können. Die Verzerrung kann auf ½ % genau abgelesen werden.

Zur Bestimmung der Verzerrungsrichtung — d. h. zur Feststellung, ob ein Zeichenschritt verlängert oder verkürzt ist — wird durch Betätigung der Taste T die Kondensatorschaltung am Zeichenkontakt geöffnet und so die von den Umschlägen des Ankers nach Zeichenseite herrührenden Lichtstreifen der Glimmlampen unterdrückt. Bei sehr großen Verzerrungen wäre es unter Umständen unmöglich, die zu einem Verzerrungsbild gehörenden Lichtstreifen zu unterscheiden. Deshalb ist — wie bereits erwähnt — der Lichtstreifen einer der beiden Glimmlampen unterteilt. Wird die Taste T in ihre Ruhestellung gebracht, so erscheinen die Lichtstreifen des Zeichenkontaktes wieder. Bei der in Ab. 6c dargelegten Trennschrittverlängerung trifft der Einsatz des Zeichenschrittes später als nach einer halben Umdrehung der Umlaufscheibe ein, und der volle bzw. unterteilte Lichtstreifen des Zeichenschritteinsatzes wird zum Standort des unterteilten bzw. vollen Lichtstreifens des Trennschritteinsatzes in der Drehrichtung der Umlaufscheibe verschoben abgebildet. Bei einer Zeichenschrittverlängerung erscheinen die Lichtstreifen des Zeichenschritteinsatzes bereits vor Ablauf einer halben Umdrehung, also entgegen der Drehrichtung verschoben. Dem entspricht die auf der Teilung angebrachte Beschriftung der Verzerrungsrichtung, wobei $+ Z$ Zeichenschrittverlängerung bzw. Trennschrittverkürzung, $+ Tr$ Trennschrittverlängerung bzw. Zeichenschrittverkürzung bedeuten.

Arbeitsweise des Senders. — Um zu erreichen, daß die ausgesendeten Zeichenlängen untereinander kleinere Abweichungen aufweisen, als der Empfänger abzulesen gestattet, mußte bei der hohen Meßgenauigkeit des Empfängers ein besonderes Sendeverfahren angewendet werden, das in Abb. 7 gezeigt wird. Ein Motor,

a stroboskopische Umlaufscheibe
b Hauptachse
c Getriebe
d Hilfsachse
e Motor
f Fliehkraftregler

Abb. 7. Verzerrungsmesser: Schematische Darstellung des Senders.

der durch einen Fliehkraftregler auf gleichbleibender Drehzahl gehalten wird, treibt eine Welle an, auf der eine Wechselsendeeinrichtung für Doppelstrom und eine

Wechselsendeeinrichtung für Unterbrechung von Einfachstrom angebracht sind. Beide Sendeanordnungen geben während einer Umdrehung je einen Wechsel, d. h. Schritteinheiten von stets wechselnder Richtung, aber gleichbleibender Länge. Ihre Nockenscheiben sind nur einmal unterteilt und können daher mit großer Genauigkeit hergestellt und eingestellt werden. Das Verfahren zur Erzeugung aller übrigen für Verzerrungsmessungen erforderlichen Telegraphierzeichen beruht darauf, daß ein Hilfssender, der über ein entsprechendes Übersetzungsgetriebe an die Motorwelle gekuppelt ist, bestimmte Schritteinheiten aus der Folge der Wechsel unterdrückt und diese Unterbrechungen überlappend mit negativen bzw. positiven Stromfüllungen überbrückt. Einsatz und Ende dieser so geformten Telegraphierzeichen werden durch die Wechselsender gegeben, so daß auch die Zeichenschritte aus ganzzahligen Vielfachen der Schritteinheit mit der Genauigkeit der Wechselsender eingehalten werden. Nach diesem Sendeverfahren gestattet der Sender des Gerätes, außer den Wechseln 1 : 1 auch Wechsel 3 : 3 auszusenden sowie Zeichen im Verhältnis 1 : 5 und 5 : 1 und gemischte Telegraphierzeichen wie 1 : 5 : 1 : 1 : 5 : 1 und einige Buchstaben des Springschreiberalphabetes mit gerad- und ungeradzahligen Vielfachen der Schritteinheit in beiden Stromarten (Doppelstrom und Einfachstrom). Die Vielartigkeit der Zeichenkombinationen ist notwendig für die Erfassung der wichtigsten Verzerrungsarten.

Abb. 8. Aufbau des Telegraphierzeichens 1 : 2 und Grundschaltung zum Senden gemischter Telegraphierzeichen.

Wie grundsätzlich Meßzeichen aus geradzahligen Vielfachen der Schritteinheit gebildet werden, wird an einem Doppelstromzeichen 1 : 2 an Hand der in Abb. 8 dargestellten Linienzüge und der daneben gezeichneten Grundschaltung zum Senden gemischter Telegraphierzeichen (Zeichen aus beliebigen gerad- und ungeradzahligen Vielfachen der Stromschritteinheit, siehe Abb. 1) näher erläutert. Kurve *a* zeigt Stromschritteinheiten von stets wechselnder Richtung, aber gleichbleibender Länge, wie sie von der Wechselsendeeinrichtung $W_1 W_2$ erzeugt werden, wenn der Hilfssender nicht eingeschaltet ist. Von Punkt *2* bis Punkt *4* wird der Stromkreis der Wechselsendeeinrichtung durch den Kontakt *u* des Hilfssenders unterbrochen. Während der Unterbrechungszeit wird im Punkte *3* die Wechselsendeeinrichtung durch die Kontakte k_1, k_2 des Hilfssenders umgepolt, so daß die in Kurve *b* wiedergegebenen Impulse entstehen würden, wenn die erwähnten Kontakte allein wirksam wären. Ein weiterer Kontakt f_1 des Hilfssenders überbrückt jedoch von dem Punkt *1* bis zum Punkt *5* die in Kurve *b* durch den Unterbrecherkontakt hervorgerufene Strompause mit der in Kurve *c* angedeuteten positiven Stromfüllung, so daß insgesamt das Doppelstromzeichen 1 : 2 in Kurve *d* entsteht.

In ähnlicher Weise werden Zeichenlängen aus ungeradzahligen Vielfachen der Schritteinheit, jedoch ohne Umpolung der Wechselzeichen, gebildet.

Zusatzgerät für Relaisprüfung. — Durch die Verwendung von Glimmlampen ist die Möglichkeit gegeben, außer den Zeicheneinsätzen auch die Zeitdauer periodischer Vorgänge zu messen. Dieser meßtechnische Vorteil fand durch die Entwicklung eines Zusatzgerätes für Relaisprüfung seine Nutzanwendung. Im Gegensatz zu den bisherigen Relaisprüfern, die summierend nur die Produkte aus Strom und Zeit erfassen, zeigt dieses Gerät im einzelnen außer den zeitlichen Einsätzen der Relaisstromschritte auch die Hub-, Prell- und Kontaktzeit an. Die Zeicheneinsätze der zu prüfenden Relais werden in der bereits beschriebenen Art auf der Umlaufscheibe wiedergegeben. Das Messen der Umschlagzeit (Hub- und Prellzeit) geht aus Abb. 9 hervor und beruht darauf, daß die

PR Prüfrelais

Abb. 9. Grundschaltung zum Messen der Umschlagzeit von Relais.

eine der beiden Glimmlampen während der Unterbrechungszeit des sich bewegenden Ankerkontaktes leuchtet und kurzgeschlossen wird, solange der Ankerkontakt einen der Gegenkontakte berührt. In Abb. 10 sind die Stromschritte eines nicht prellenden und eines prellenden Relais jeweils mit der entsprechenden Wiedergabe auf der stroboskopischen Meßscheibe dargestellt. Hierbei bedeutet *H* die Hubzeit, *P* die Prellzeit und *K* die Kontaktzeit der Relais. Die Summe $H + P$ wird als Umschlagzeit bezeichnet. Auf der Umlaufscheibe erscheint die Umschlagzeit in Form eines Segmentes, das voll leuchtet, wenn Prellungen fehlen und das je nach der Art der vorhandenen Prellungen mehr oder weniger unterteilt leuchtet. Jedes nicht aufleuchtende Segment stellt eine Kontaktgabe dar. Als eigentliche Kontakt…

a prellfreie Kontaktgabe eines Relais
b prellende Kontaktgabe eines Relais

Abb. 10. Hub-, Prell- und Kontaktzeit.

nur der nach der letzten Prellung nicht aufleuchtende Rest des Stromschrittes bewertet. Prellzeiten bis herunter zu $5 \cdot 10^{-5}$ s können bequem abgelesen werden.

Abb. 11 zeigt den vollständigen Verzerrungsmesser einschließlich Schaltgerät und Zusatzgerät für Relaisprüfung. Der Verzerrungsmesser ist zur bequemeren Ablesung in einem Rohrgestell über einen Winkel von 90° schwenkbar angeordnet. Die gesamte Bedienung des Verzerrungsmessers und die Umschaltungen zwischen Verzerrungsmesser und seinem Zusatzgerät werden am Schaltgerät vorgenommen, das im wesentlichen alle Schalt- und Bedienungseinrichtungen enthält.

Bild 11. Verzerrungsmesser einschließlich Schaltgerät und Zusatzgerät für Relaisprüfung.

Anwendung des Verzerrungsmessers zur Messung von Leitungen, Telegraphenapparaten und Relais. — Der Verzerrungsmesser wird im besonderen bei der Errichtung neuer Telegraphennetze verwendet. Desgleichen kann er überall dort eingesetzt werden, wo es gilt, die Leistungsfähigkeit eines Übertragungsweges festzustellen, Störungen einzugrenzen und Leitungen einzuregeln. Die Messungen können als Schleifen- und Streckenmessungen durchgeführt werden. Bei Streckenmessungen ist darauf zu achten, daß beide Meßgeräte gleiche Drehzahl haben. Ferner können mit dem Verzerrungsmesser reine Doppelstromschaltungen und auch reine Einfachstromschaltungen gemessen werden. Auch kombinierte Meßschaltungen lassen sich ausführen. Man kann mit Einfachstrom senden und mit Doppelstrom empfangen oder umgekehrt.

Die Sender von synchron arbeitenden Telegraphenapparaten kann man ohne weiteres auf den Verzerrungsmesser schalten und die Güte der ausgesendeten Zeichen messen. Zur Beurteilung von Telegraphenempfangsapparaten benutzt man künstlich verzerrte Zeichen. Man mißt den Betrag der Verzerrung, bei dem der Empfänger gerade noch einwandfrei schreibt.

Mit dem Verzerrungsmesser können weiterhin in Zusammenarbeit mit dem Zusatzgerät für Relaisprüfung grundsätzliche Untersuchungen an Relais, Telegraphensendern und anderen Kontaktanordnungen auf Neutralstellung, Hub-, Prell- und Kontaktzeiten durchgeführt werden. Dabei ist die Möglichkeit gegeben, die zu prüfenden Relais wahlweise mit Sinus- oder Rechteckzeichen zu erregen.

4. Der Verzerrungszeiger[3]).

Im neuzeitlichen Telegraphenverkehr mit vorherrschendem Springschreiberbetrieb ist durch die starke Unterteilung der Verbindungsleitungen ein einwandfreier Betrieb nur dann möglich, wenn im Telegraphennetz auftretende Mängel rechtzeitig erkannt und schnellstens beseitigt werden. Dieses kann in hinreichendem Maße nur dadurch sichergestellt werden, daß mit geeigneten Meßgeräten der Betriebszustand der einzelnen Leitungsabschnitte regelmäßig überwacht wird. Den meßtechnischen Anforderungen eines Überwachungsgerätes für Springschreiberbetrieb genügt der im folgenden näher behandelte Verzerrungszeiger.

Um das Meßprinzip des Verzerrungszeigers verständlicher zu machen, soll kurz auf das Grundsätzliche der Springschreibertechnik eingegangen werden. Abb. 12 oben zeigt z. B. ein Einfachstrom-Telegraphierzeichen, wie es der Sender eines Springschreibers unverzerrt aussendet. Es besteht aus dem Anlaufschritt, den fünf Zeichenschritten und dem Halteschritt. In Abb. 12 unten ist ein verzerrtes Springschreiberzeichen dargestellt, wie es beim Empfänger ankommt. Der Empfänger wird durch den Anlaufschritt auf eine Umdrehung ausgelöst. Die Springschreiber arbeiten nun derart, daß sie jeweils in der Mitte eines Stromschrittes die vorhandene Stromart („Strom" oder „kein Strom") abtasten. Verschieben sich die Einsätze der Strom- und Keinstromschritte über die Mitte hinaus, so wird eine falsche Stromart abgetastet und damit ein falsches Zeichen wiedergegeben. Maßgebend für den richtigen Empfang eines Springschreiberzeichens ist daher die größte während eines Zeichens vorkommende Verschiebung eines Stromüberganges gegenüber dem Sollzeitpunkt. Dieser ist festgelegt durch den Sollabstand vom Beginn des Anlaufschrittes. Hieraus ergibt sich, daß sich die Messung auf den Beginn des Anlaufschrittes zu beziehen hat.

a Startschritt, *b* 1. Schritt, *c* 2. Schritt, *d* 3. Schritt, *e* 4. Schritt, *f* 5. Schritt, *g* Stopschritt, *t* Zeit, *J* Strom, *v* Abtastzeiten
max. Verschiebung: Unschärfe $\varepsilon = t_a - t_3$
T Stromschritteinheit
Verzerrung $V = \frac{\varepsilon}{T} \cdot 100\%$

Abb. 12. Springschreiberzeichen; oben: unverzerrtes Sendezeichen; unten: verzerrtes Empfangszeichen.

Aufbau und Wirkungsweise des Verzerrungszeigers. — Der Grundgedanke, nach dem die Verzerrung der Springschreiberzeichen mit dem Verzerrungszeiger gemessen werden, ist folgender: Die Einsätze eines ankommenden Zeichens werden vom Beginn des Anlaufschrittes an mit den Solleinsätzen eines Normalzeichens verglichen. Verschiebungen in den Einsätzen des Empfangszeichens gegenüber den Solleinsätzen des Normalzeichens werden durch Aufleuchten einer Glimmlampe angezeigt. Mit Hilfe einer von Hand verstellbaren Vorrichtung können die Einsätze des Normalzeichens solange verschoben werden, bis die Glimmlampe gerade erlischt. Die Größe dieser Verschiebung entspricht der eingangs erwähnten Unschärfe. Ein mit der verstellbaren Anordnung verbundener Zeiger gibt die Verzerrung unmittelbar in Prozent an.

Die praktische Ausführung des Meßverfahrens wird an Hand der Abb. 13 näher erläutert. Der Verzerrungszeiger arbeitet auf der Grundlage des Springschreibers,

[3]) W. Schallerer, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. 24 (1935) S. 40.

d. h. mit Auslösung und Sperrung für je eine Umdrehung bzw. für je ein Zeichen. Er kann daher mit dem Springschreiber in gleicher Weise in den erforderlichen Gleichlauf gebracht werden, wie dies bei der Zeichenübermittlung zwischen zwei Springschreibern der Fall ist. Als Kriterium für die Messung wird wie beim Verzerrungsmesser der Zeicheneinsatz vom Empfangsrelais benutzt. Von den Springschreiberzeichen wird das Empfangsrelais *ER* als Doppelstromrelais gesteuert. Bei jedem Aufschlag

a Startschritt
b 1. Schritt
c 2. Schritt
d 3. Schritt
e 4. Schritt
5. Schritt
g Stopschritt
t Zeit
J Strom
h Nockenscheiben ohne Verschiebung (Zeichen unverzerrt)
i Nockenscheibe N_4 nach links verschoben (Zeichen verzerrt, voreilend)
k Nockenscheibe N_6 nach rechts verschoben (Zeichen verzerrt, nacheilend)

Abb. 13. Verzerrungszeiger: Zeichenverzerrung und Verschiebung der Nockenscheiben N_4 bzw. N_6.

des Relaisankers *er* auf den Trenn- bzw. Zeichenkontakt wird der Kondensator *C* geladen bzw. entladen (Ladung: + Batterie, Relaiskontakt K_T, Relaisanker *er*, Kondensator *C*, Wicklung des Meßrelais *MR*, — Batterie; Entladung: — Batterie, Relaiskontakt K_z, Relaisanker *er*, Kondensator *C*, Wicklung des Meßrelais *MR*, + Batterie). In bestimmten Zeitabständen wird durch die Kontakte K_4 und K_5 parallel zu *MR* der Widerstand *W* geschaltet. Das Meßrelais *MR* kommt durch die Lade- bzw. Entladestromstöße nur dann zum Ansprechen, wenn die Ankeraufschläge des Empfangsrelais *ER* zu einer Zeit erfolgen, während der die Kontakte K_4 und K_5 geöffnet sind. Spricht *MR* an, so wird dessen Anker nur kurzzeitig umgelegt und damit eine Glimmlampe zum Ansprechen gebracht, die andeutet, daß eine gewisse Verzerrung überschritten wird. Die Kontakte K_4 und K_5 werden von den Nockenscheiben N_4 und N_5 betätigt, die abgewickelt und im Ruhezustand dargestellt sind. Die Welle, auf der die Scheiben sitzen, wird über eine Kupplung von einem Motor angetrieben. Im Ruhezustand wird die Bewegung der Nockenwelle durch eine Sperrklinke verhindert. Beim Eintreffen des Anlaufschrittes wird der Auslösemagnet betätigt, und sein Anker gibt die Sperrklinke und damit die Nockenwelle auf eine Umdrehung frei. Die Nockenscheiben N_4 und N_5 zeigen entsprechend den fünf Stromschritten eines Springschreiberzeichens je fünf Einschnitte. Ihre rechten Kanten legen die Solleinsätze der einzelnen Stromschritte des Normalzeichens fest, gerechnet vom Beginn des Anlaufschrittes an. Die Einschnitte liegen jeweils hinter den einzelnen Impulsmitten, so daß alle Relaisankeraufschläge, die gegenüber den Sollzeiten verfrüht eintreffen, das Meßrelais *MR* und damit die Glimmlampe zum Ansprechen bringen. Das Aufleuchten der Glimmlampe wird erst dann unterbunden, wenn die Nockenscheibe N_4 bzw. ihr Federsatz K_4 so weit verschoben ist, daß kein Ankeraufschlag mit der Öffnung des Nockenkontaktes K_4 zusammenfällt. In dem gewählten Beispiel der Abb. 13 oben muß zu diesem Zweck die Nockenscheibe N_4 bzw. ihr Federsatz K_4 um den Wert *z* nach links verschoben werden, der der maximalen Verzerrung *V* für zu früh eintreffende Zeichen entspricht. Ein mit der verschiebbaren Anordnung mechanisch verbundener Zeiger gibt die Größe der Verzerrung unmittelbar in Prozent an.

In gleicher Weise bringen die Ankeraufschläge des Empfangsrelais, die gegenüber den Sollzeiten verspätet eintreffen, die Glimmlampe zum Ansprechen. Allerdings sind hierfür zwei weitere Nockenscheiben N_6 und N_7 erforderlich, denn ihre Einschnitte müssen jeweils vor den einzelnen Impulsmitten liegen, und ihre linken Kanten müssen die Solleinsätze des Normalzeichens zeitlich bestimmen. Im Beispiel der Abb. 13 unten muß daher die Nockenscheibe N_6 bzw. ihr Federsatz K_6 um den Wert *z* nach rechts verschoben werden, der diesmal der maximalen Verzerrung *V* für zu spät eintreffende Zeichen entspricht.

Durch wahlweises Anschalten der Nockenkontakte $K_{4/5}$ bzw. $K_{6/7}$ mit einem Kippschalter können demnach bei einer Folge von Springschreiberzeichen auf Stellung „Voreilend" die Verzerrungswerte für alle zu früh eintreffenden Zeichen, auf Stellung „Nacheilend" die Werte für alle zu spät eintreffenden Zeichen erhalten werden.

Abb. 14. Verzerrungszeiger, Schutzhaube abgenommen.

Soll das Gerät nicht als Meß-, sondern als Leitungsüberwachungsgerät verwendet werden, so wird es hochohmig den Sende- bzw. Empfangsortskreisen einer Telegraphenverbindung parallelgeschaltet. Der Wert für die zulässige Leitungsverzerrung wird auf der Skala eingestellt. Tritt nun im Laufe der Zeit eine Verschlechterung des Betriebszustandes der Leitung ein, so daß die Verzerrung den eingestellten Wert überschreitet, dann spricht eine Signaleinrichtung an, die das Eingreifen des Personals veranlaßt.

Ein im Gerät eingebauter Nockensender für Wechsel erlaubt die Meßgenauigkeit des Verzerrungszeigers zu jeder Zeit zu überprüfen. Die Wechsel können außerdem an Steckbuchsen abgenommen und für Meßzwecke außerhalb des Gerätes benutzt werden.

Zum Antrieb des Nockensenders und der Meßnocken dient ein Motor, der durch einen Fliehkraftregler auf gleichbleibender Drehzahl gehalten wird. Der Fliehkraftregler trägt auf seinem Umfang eine stroboskopische Teilung, so daß mit einer Stimmgabel entsprechender Frequenz die Geschwindigkeit des Verzerrungszeigers auf die des Springschreibers eingestellt werden kann. Abweichungen der Geschwindigkeit vom Sollwert werden als zusätzliche einseitige Verzerrungen gemessen. Beachtet man die möglichen vorkommenden Fehler, wie Drehzahlabweichung vom Sollwert, Schwankungen der Ansprech-

zeiten der Relais sowie der mechanischen Unregelmäßigkeiten, so ergibt sich eine auf die Telegraphierschritteinheit bezogene Meßgenauigkeit von ± 2 %.

Abb. 14 zeigt das Meßgerät ohne Schutzhaube. Verbesserungen an diesem Gerät gehen dahin, die Verzerrung mit entsprechenden Einrichtungen selbsttätig aufzuzeichnen. Die Aufzeichnungen haben den Vorteil, absolut objektiv und von individuellen Meßfehlern frei zu sein, was z. B. für statistische Zwecke von besonderer Bedeutung ist.

Zusammenfassung.

Wir haben die einzelnen Geräte in Aufbau und Wirkungsweise kennen gelernt. Schreibende und aufzeichnende Geräte, wie z. B. der Impulsschreiber oder der Schleifenoszillograph sind Geräte, bei denen die Meßergebnisse einzeln ausgewertet werden müssen. Sie genügen daher den heutigen Anforderungen der Telegraphie bezüglich sofortiger Ablesbarkeit der Endwerte nicht mehr. Ähnlich verhält es sich mit den integrierenden Geräten. Die von ihnen angezeigten Mittelwerte genügen nur für überschlägige Beobachtungen, nicht aber für genaue Messungen.

Der Verzerrungsmesser ist ein hochwertiges Gerät, das, auf den Grundsätzen der Zeicheneinsatzmessung aufgebaut, genaue und unmittelbare Meßergebnisse bei dauernder Beobachtung gewährleistet. Das Anwendungsgebiet dieses Gerätes ist daher auch sehr umfangreich. Es erstreckt sich im wesentlichen auf die Errichtung neuer Telegraphennetze, die Eingrenzung von Leitungsstörungen und das Einregeln von Leitungen sowohl bei Doppel- als auch bei Einfachstrom.

Mit dem Verzerrungszeiger werden ebenso wie mit dem Verzerrungsmesser die Zeicheneinsätze gemessen. Da er nach dem Springschreiberprinzip arbeitet, wird er fast ausschließlich als Überwachungsgerät bei Telegraphenbetriebsstellen mit Springschreiberbetrieb eingesetzt.

Der heutige Telegraphenbetrieb, namentlich der Wählbetrieb des Teilnehmer-Fernschreibverkehrs, erfordert für seine einwandfreie Überwachung Einrichtungen mit vielseitigen Meßmöglichkeiten. Durch das geplante Zusammenstellen einzelner Meßgeräte zu Meßplätzen soll dieser Forderung weitgehend Rechnung getragen werden. Damit wäre ein Stand in der Meßtechnik erreicht, der auftretende Probleme, auch in den schwierigsten Fällen, einer einwandfreien Lösung zuführt.

Fernschreiben.

Von R. Fernau, Berlin.

DK 621.394.341

Übersicht).* Zweck und Wesen des Fernschreibens werden erläutert und die Möglichkeiten der praktischen Anwendung dargestellt. Welche Systeme für die Gestaltung der Fernschreibnetze in Frage kommen, wo sie angewandt werden, wie sie im zwischenstaatlichen Verkehr zusammenarbeiten und welche Einrichtungen bei Vermittlungs- und Teilnehmerstellen notwendig sind, wird ausgeführt. Zum Schluß sind einige Angaben über den Verkehrsumfang und den weiteren Ausbau gemacht.

Während der Fernsprechverkehr von vornherein so eingerichtet war, daß die Beteiligten Frage und Antwort, Rede und Gegenrede unmittelbar mündlich miteinander austauschen können, war man für den schriftlichen Austausch eiliger Nachrichten bis in die neueste Zeit hinein auf den Weg der Telegrammübermittlung angewiesen. Das hierbei zwangsläufig anzuwendende Verfahren, die notwendigen Aufwendungen an Zeit und Gebühren, insbesondere aber das Fehlen der Möglichkeit einer unmittelbaren Verständigung wirkten sich angesichts der einfachen Verhältnisse für den fernmündlichen Verkehr in vielen Verkehrsbeziehungen besonders nachteilig aus. Wenn es trotzdem erst der neuesten Zeit vorbehalten blieb, Einrichtungen zu schaffen, die diese Nachteile ausschalten, so lag dies daran, daß erst die neueren Erfindungen und technischen Entwicklungen auf dem Gebiet der Leitungen und Apparate die Möglichkeit hierzu gaben. Sie gaben Mittel und Wege zum unmittelbaren Fernschreiben. Hierbei wird zwischen den Beteiligten eine direkte Verbindung hergestellt, die auf beiden Seiten mit einer Fernschreibmaschine abgeschlossen ist. Was auf der einen Maschine geschrieben wird, erscheint gleichzeitig auf der anderen, es können also fernschriftliche Mitteilungen unmittelbar vom Auflieferer zum Empfänger abgegeben oder Frage und Antwort ausgetauscht werden. Der Fernschreibverkehr reiht sich den bestehenden Mitteln der Nachrichtenübertragung an. Sein Aufgabengebiet ist die Übermittlung oder der Austausch eiliger, schriftlicher und verbindlicher Mitteilungen auf dem schnellsten Wege.

Fernschreibverbindungen können betrieben werden:

1. zwischen zwei fest zusammengeschalteten Betriebsstellen,
2. auf einem privaten Fernschreibnetz, bei dem die einzelnen Betriebsstellen über Vermittlungseinrichtungen wahlweise zusammengeschaltet werden,
3. auf dem öffentlichen Fernschreibnetz zwischen allen an dieses Netz angeschlossenen Teilnehmern.

Bei den ersten beiden Verbindungsarten stehen die Leitungen nur den angeschlossenen Stellen zur Verfügung und sind dem übrigen Verkehr entzogen. Die Inhaber der Stellen müssen deshalb mit den gesamten Anlage- und Unterhaltungskosten für die Leitungen belastet werden. Solche Verbindungen kommen also nur dann in Betracht, wenn zwischen den angeschlossenen Stellen ein Schreibbedürfnis derartigen Umfangs besteht, daß die Benutzungsdauer den Kostenaufwand rechtfertigt. Demgegenüber ist ein Anschluß an das öffentliche Netz in all den Fällen angebracht, in denen Fernschreibverbindungen beliebiger Dauer und zu beliebigen Zeiten mit jedem der angeschlossenen Teilnehmer hergestellt werden sollen, oder der Anschluß für das Zuschreiben von Telegrammen von und nach dem Telegraphenamt und den Ämtern für Übersee- und Seefunktelegramme benutzt werden soll. Abgesehen von der Gebührenfreiheit der Telegrammübermittlung werden den Teilnehmern die Leitungskosten nur nach der jeweiligen Entfernung und Benutzungsdauer in Anrechnung gebracht.

Nach der Art des benutzten Leitungsnetzes gibt es zwei grundsätzlich voneinander verschiedene Betriebsarten für den Fernschreibverkehr:

1. Fernschreiben über Fernsprecheinrichtungen,
2. Fernschreiben über Telegraphierstromkreise mit besonderen Vermittlungseinrichtungen.

Welche Art angewandt wird, hängt von der Auswirkung der Vorzüge und Nachteile bei den jeweiligen örtlichen Verhältnissen ab.

*) Vortrag, gehalten im VDE-Bezirk Berlin am 23. 2. 39 (Fachgebiet: Leitungstelegraphie und -telephonie).

Fernschreiben über Fernsprecheinrichtungen.

Die Vorzüge des ersten Systems erscheinen zunächst sehr bestechend. Das System erfordert lediglich ein Zusatzgerät zum Fernschreiber, das die Gleichstromzeichen in tonfrequente Wechselstromzeichen umformt und umgekehrt, sowie einen Umschalter bei der Teilnehmerstelle für den wahlweisen Anschluß der Leitung an den Fernsprecher oder Fernschreiber. Eine Verbindung wird fernsprechmäßig hergestellt und die Umschaltung auf Fernschreiber von den Teilnehmern vereinbart. Die praktische Durchführung hat in den meisten Fällen dazu geführt, die Fernsprecheinrichtungen nur in ihrer Art zu verwenden, für den Aufbau einer Fernschreibverbindung jedoch besondere Elemente zu benutzen. Dies ist nötig bei den Anschlußleitungen, weil die Fernsprechleitung meist so ausgelastet ist, daß sie für einen zusätzlichen Verkehr nicht mehr aufnahmefähig ist und beim Anbietverfahren für Ferngespräche Störungen auftreten; es ist nötig bei den Fernleitungen, weil die Leitungen gegen Störungen des Fernschreibverkehrs durch Rufumsetzer, Echosperren und kurze Unterbrechungen (Clicks) besonders behandelt werden müssen; es ist ferner nötig für die Vermittlungsschränke, weil die gewohnte Bedienungsweise für den Fernsprechverkehr (z. B. Eintreten in die Leitung zur Feststellung der Verständigungsgüte) den Fernschreibverkehr empfindlich stören würde. Als Nachteil dieses Systems muß angesehen werden, daß man an die Betriebsweise des Fernsprechnetzes (Handvermittlung oder Wählbetrieb, Abgrenzung der Netzgruppen) gebunden ist und — obwohl schriftlich geringere Nachrichtenmengen übertragen werden können als mündlich — die vollen Fernsprechgebühren erhoben werden müssen.

Das System ist in Holland, England und Belgien für den öffentlichen Dienst in Gebrauch. In Holland sind die Leitungslängen verhältnismäßig kurz, und die Maßnahmen gegen Störungen konnten deswegen mit gutem Erfolg durchgeführt werden. Auch ist die Vollautomatisierung des gesamten Netzes im Gange, so daß technisch und betrieblich günstige Voraussetzungen für dieses System vorliegen. Bei den geringen Entfernungen sind auch die Gebühren niedrig und für Fernschreiben tragbar. Dementsprechend wird das Netz von den rund 270 Teilnehmern sehr rege in Anspruch genommen. Das holländische öffentliche Netz ist noch dadurch günstig ausgenutzt, daß ihm zwei private Netze für den Pressedienst unter Verwendung anderer Frequenzen überlagert sind.

In England liegen die Verhältnisse leitungs- und gebührenmäßig insofern gleichartig günstig, als die Teilnehmer im wesentlichen auf Süd- und Mittelengland beschränkt sind und deswegen auch nur kurze Entfernungen in Betracht kommen. Wenn trotzdem der Verkehr zwischen den etwa 430 Teilnehmern gering ist und die Anschlüsse überwiegend für das Zuschreiben von Telegrammen benutzt werden, so liegt dies daran, daß der Hauptverkehr auf direkten privaten Leitungen, die zu außerordentlich günstigen Bedingungen gemietet werden können, abgewickelt wird.

In Belgien ist der Fernschreibdienst noch neu und im Aufbau. Er zählt zur Zeit 23 Teilnehmer. Auch hier sind die geringen Entfernungen günstig für das System auf Fernsprechleitungen.

Fernschreiben über Telegraphierstromkreise mit besonderen Vermittlungseinrichtungen.

Das zweite System erfordert zwar besondere Einrichtungen bezüglich Leitungen und Vermittlungen, was jedoch den Vorzug hat, daß diese unabhängig von vorhandenen Betriebsarten, Betriebsregelungen und Gebühren in vollkommenster Weise den besonderen Anforderungen des Fernschreibebetriebes angepaßt werden können. Als Anschlußleitungen von den Betriebsstellen zum Vermittlungsamt werden die Adern der Fernsprechortskabel benutzt, die ohne weiteres die Gleichstromzeichen des Fernschreibers übertragen. Für die Übertragung der Kriterien der Schaltvorgänge beim Verbindungsaufbau über die Anschlußleitung werden verschiedene Stromzustände (Unterstromsetzung, Stromlosigkeit, Stromumkehr) angewandt. Als Fernleitungen werden die bekannten Telegraphierstromkreise im Fernkabelnetz (Vierer-, Achter-, Unterlagerungs- oder Wechselstromtelegraphie) geschaltet. Für die Übertragung der Kriterien für die Schaltvorgänge mußten auch für die Fernleitung neue Wege beschritten werden. Bei dem schmalen Frequenzband der Telegraphierkanäle wurden für die Signalisierung Stromzustände verschiedener Dauer und Aufeinanderfolge festgesetzt, weil die verschiedenen Stromrichtungen bei dem angewandten Doppelstromsystem bereits für die Übertragung der Fernschreibzeichen gebraucht werden. Die Vermittlungen sind weitgehend mit den Elementen der Fernsprech-Vermittlungstechnik entwickelt worden.

Abb. 1. Fernschreib-Handvermittlung.

Der Verbindungsaufbau kann über Handvermittlungen oder Wählvermittlungen erfolgen.

Handvermittlungen.

Handvermittlungen haben den Vorteil, daß verschiedene Gattungen (Fernschreiben mit Vorrang, zu vereinbarten Zeiten und dergl.) abgewickelt werden können, daß Verbindungen zugunsten dringenderer aufgetrennt und Konferenzgruppen geschaltet werden können. Nachteilig ist die Schwerfälligkeit beim Aufbau einer Verbindung durch die Inanspruchnahme des Vermittlungspersonals. Die Vermittlungseinrichtungen sind nach dem Vorbild der Fernsprecheinrichtungen als Glühlampenschränke gebaut. Sie enthalten neben den Anrufzeichen die üblichen Verbindungsklinken, Schnurpaare, Schlußzeichen usw. An Stelle der Sprechgarnitur sind sie mit einer Abfrage-Fernschreibmaschine ausgestattet, die in den Schrank eingebaut oder daneben aufgestellt der Schrankreihe ein besonderes Aussehen gibt (Abb. 1). Bei der Teilnehmerstelle sind die Einrichtungen für den Verbindungsaufbau in dem „Fernschaltgerät“ in Form von Anruf- und Schlußtaste und einer Anlaßvorrichtung für den Motor der Fernschreibmaschine untergebracht.

Handvermittlungen werden in Deutschland in privaten Fernschreibnetzen oft verwandt. Es gibt Einheiten zu 5, 15, (30), 60 und 80 (160) Anrufzeichen. Die kleinen Vermittlungen sind in Pultform, schnurlos, die übrigen in Schrankform und die größten mit Vielfachfeld ausgeführt. Bei der Stromversorgung wird wegen der günstigen Wartungsbedingungen weitgehend von Trockengleichrichtern Gebrauch gemacht.

Zur Zeit arbeitet auch noch das öffentliche Fernschreibnetz in Dänemark mit einer Handvermittlung, die aus einem Platz, auf dem die Nebentelegraphenleitungen für das Zuschreiben von Telegrammen endeten, entstanden ist. Die Anlage wird z. Z. auf Wählbetrieb und ein gemeinsames Netz für Teilnehmer und Amtsstellen im ganzen Land umgestellt, womit die bei dem in Dänemark noch jungen Verkehrszweig geringe Teilnehmerzahl von 24 und der Betriebsumfang eine bedeutende Belebung erfahren werden.

Einen großen Umfang hat das mit Handvermittlungen über Telegraphenleitungen arbeitende Fernschreibnetz der American Telephone and Telegraph Company in den V. S. Amerika[1]). Es umfaßt etwa 12 000 Teilnehmer. Der großen Teilnehmerzahl und der zu erwartenden Entwicklung angemessen sind die Größen der verwendeten Vermittlungsschränke. Neben kleineren Einheiten zu 40 und 80 Anrufzeichen sind hauptsächlich Schränke für

360 Orts- und	80 Fernleitungen		
1200 „ „	240 „		und
3600 „ „	480 „		

mit Vielfachfeld im Gebrauch. An einer Reihe von Knotenämtern sind Vermittlungsämter und an diese wiederum Unterämter angeschlossen. Durch starke Leitungsbündel und unmittelbare Querverbindungen bei lebhafteren Verkehrsbeziehungen sowie Aufteilung des Verkehrs auf End- und Durchgangsplätze werden sehr kurze Zeiten für die Herstellung der Verbindungen erzielt.

Wählvermittlungen.

Die betrieblich vollkommenste Lösung des Vermittlungsproblems stellen Wählvermittlungen dar, bei denen die Verbindungen vom Teilnehmer selbst mit der Nummernscheibe wartezeitlos auf beliebige Entfernungen hergestellt werden. Die Beschleunigung des Verbindungsaufbaus durch Wegfall der schwerfälligen fernschriftlichen Verständigung mit dem Vermittlungspersonal, die ständige Aufnahmebereitschaft der Fernschreibmaschine auch ohne Anwesenheit von Bedienungspersonal, die Eigenschaft der Telegraphenleitung, Wählstromstöße auf beliebige Entfernungen zu übertragen, und die Preiswürdigkeit stärkerer Bündel von Telegraphenkanälen sind Gesichtspunkte, die dem Wählverfahren beim Fernschreiben noch größere Bedeutung zukommen lassen als im Fernsprechbetrieb. Nach dem Wählverfahren arbeiten die öffentlichen Fernschreibnetze in Deutschland mit rund 600 und der Schweiz mit 46 Teilnehmern; auch in Wien war bereits vor der Rückgliederung ins Reich ein Wählamt nach deutschem Muster eingerichtet. Ferner sind Wählvermittlungen in Dänemark und noch aus früherer Zeit in Prag und Brünn im Aufbau.

Abb. 2. Fernschreib-Wählvermittlung.

Für das deutsche Teilnehmer-Fernschreibnetz ist ein Grundplan aufgestellt, der vollautomatischen Betrieb für das gesamte Reichsgebiet vorsieht. Nach der Zahl der zu erwartenden Teilnehmer, ihrer Konzentration in größeren Städten und Verteilung über das gesamte Reichsgebiet sind zunächst 100 Vermittlungseinheiten für je 100 Anschlüsse vorgesehen; in größeren Städten kommen mehrere Hundertergruppen zur Aufstellung. Durch Einfügen einer weiteren Wahlstufe kann die Aufnahmefähigkeit verzehnfacht werden. Hiervon wird demnächst in einigen Städten wegen der nicht vorauszusehenden Entwicklung Gebrauch gemacht werden. Die Zahl der vorgesehenen Vermittlungen sichert die Erfassung der Konzentrationszentren und ergibt dabei eine genügende Dichte für die Aufteilung auf das Reich mit angemessenen Längen von Anschlußleitungen. Interessenten in kleineren Orten und dünn besiedelten Gegenden abseits der Orte mit Vermittlungen können als Fernteilnehmer angeschlossen werden. Um sie den Ortsteilnehmern gegenüber nicht zu benachteiligen, werden die Fernleitungen zu gebührenmäßig günstigen Bedingungen abgegeben. Eine weitere Verbilligung für die Fernteilnehmer wird die Einrichtung von Gemeinschaftsanschlüssen bringen. Um nicht alle Ämter durch Leitungsbündel miteinander verbinden zu müssen, werden bis zu 10 Vermittlungsämter an ein Knotenamt herangeführt, das seinerseits Leitungsbündel zu den übrigen Knotenämtern erhält. Als Knotenämter werden die Vermittlungen bestimmt, die neben zentraler Lage im Knotenamtsbezirk auch fernkabeltechnisch günstig gelegen sind. Zur Entlastung der Fernleitungen und Verringerung des Wählerbedarfs wird nur der Fernverkehr über die Knotenämter geleitet, während der Ortsverkehr nur die Einrichtungen des Ortsvermittlungsamtes berührt. Hierdurch ergeben sich unterschiedliche Wahlen für Orts- und Fernverkehr, indem nur im Fernverkehr die Kennziffer des Amtes neben der Teilnehmernummer mitgewählt wird.

Auf Grund dieser Netzplanung haben die Knotenämter neben den Vorwählern (VW) und Leitungswählern (LW) mit den aus der Fernsprechtechnik bekannten Funktionen drei Gruppenwählerstufen (GW). Der I. GW trennt Orts- und Fernverkehr und unterscheidet nach gebührenpflichtigen und gebührenfreien Verbindungen. Der II. GW steuert das gewünschte Knotenamt an und der III. GW wählt innerhalb des gewählten Knotenamtsbezirks das Vermittlungsamt heraus. Die Vermittlungsämter haben nur VW und vereinigte LW/I. GW. Dieser LGW arbeitet in den ersten 9 Höhenschritten als LW, während er im

[1]) ETZ 57 (1936) S. 1518.

10. Höhenschritt als I. GW in freier Wahl eindreht und für Fernverbindungen einen freien Ausgang zum II. GW des zugehörigen Knotenamts belegt. Außer den Wählern enthalten die Ämter noch Leitungsabschlüsse für die Anschlußleitungen, Übertragungen für die Fernleitungen, einen Platz für die Überwachung, Auskunfterteilung und Aufnahme von Störungsmeldungen und dergl. Abb. 2 zeigt einen Blick über die Überwachungseinrichtungen auf die erste Gestellreihe mit VW, LW, und Leitungsabschlüssen des Knotenamtes Berlin.

Die Vermittlungen enthalten auch die Einrichtungen der bei Wählbetrieb erforderlichen selbsttätigen Aufzeichnung der neben den festen Anschlußgebühren für die einzelnen Verbindungen zu erhebenden Fernschreibgebühren, die nach Enfernung und Benutzungsdauer abgestuft sind. Für die Entfernung sind neben der Ortszone fünf Fernzonen festgesetzt. Die Gebühr für ein Fernschreiben von 3 min Dauer beträgt in der Ortszone 0,10 RM und liegt in den Fernzonen zwischen 0,60 und 1,80 RM, sie ist also nur bei kurzen Entfernungen gleich der Fernsprechgebühr, mit wachsender Entfernung bleibt sie um bis zu 40 % unterhalb derselben. Die 3 min übersteigende Zeit wird nach 10 Rpf-Einheiten anteilmäßig berechnet. Im Fernverkehr tritt nachts eine Ermäßigung auf zwei Drittel der Tagesgebühr ein. An technischen Einrichtungen hierfür sind Gebührenzähler notwendig, die jedem VW zugeordnet sind, und Zeitzonenzähler, die vom I. GW beim Verbindungsaufbau eingestellt werden und in Zusammenarbeit mit einer Zeitgebeeinrichtung die Zählimpulse auf den Gebührenzähler übertragen.

Der Betrieb der Fernschreibmaschine.

Bei den Teilnehmerstellen wird die Fernschreibmaschine in der Form des Blattdruckers verwendet. Bei dieser Form wird die ankommende Nachricht auf einer fortlaufenden Papierwalze — notwendigenfalls mit Durchschlägen — aufgezeichnet, hat also nach dem Abtrennen die Gestalt eines Briefes und kann ohne Umarbeitung sofort in den Geschäftsgang gegeben werden. Für abzugebende Nachrichten wird die gewünschte Verbindung mit der Nummernscheibe aufgebaut. Dabei müssen für Anruf- und Schlußzeichen, die beim Fernsprecher durch Abheben und Auflegen des Fernhörers übermittelt werden, besondere Tasten betätigt werden. Die beim Fernsprecher akustisch dargestellten Signale für Amts-, Frei-, Besetztzeichen usw. werden bei der Fernschreibstelle mit einer Signallampe, dem Anlaufen oder Stillsetzen des Motors gekennzeichnet; an die Stelle der Meldung des angerufenen Teilnehmers tritt die Fernauslösung des Namengebers durch den Anrufenden. Die Bedienung der Fernschreibmaschine weicht nur geringfügig von der einer gewöhnlichen Schreibmaschine ab. Die Leistungsfähigkeit einer Schreibstelle kann durch Stanzen der Nachrichten auf Lochstreifen und Anwendung eines Maschinensenders gesteigert werden. Abb. 3 stellt eine Fernschreibstelle dar, bei der die Fernschreibmaschine und das Fernschaltgerät in einen geräuschdämpfenden Tisch eingebaut sind.

Zwischenstaatlicher Verkehr.

Der Fernschreibverkehr hat neben seinem Wert für die inländischen Beziehungen eine große Bedeutung für den zwischenstaatlichen Verkehr. Das deutsche Netz steht in Verbindung mit den Netzen in der Schweiz, Holland, Belgien, England und Dänemark, also mit allen europäischen Ländern, die Einrichtungen dieser Art betreiben. Der Betrieb von einem Netz ins andere ist am einfachsten bei gleichartigen Systemen, z. B. den Wählersystemen in Deutschland und der Schweiz. Von der naheliegenden Möglichkeit, daß der Teilnehmer selbst auch seine Verbindung ins Ausland durch Wahl herstellt, ist abgesehen worden, weil die betreffenden Verwaltungen bei der Planung der Netze zu stark voneinander abhängig wären und Gebührenerfassung und Abrechnung nur durch verwickelte technische Einrichtungen sichergestellt werden könnten. Die zwischenstaatlichen Leitungen sind deshalb an Handvermittlungsplätzen abgeschlossen, die den Auslandsverkehr vermitteln. Im deutschen Netz sind diese Plätze bei den, dem betreffenden Ausland nächstgelegenen Knotenämtern aufgestellt. Um die beim Wählverfahren gewonnene Schnelligkeit im Verbindungsaufbau soweit als möglich zu erhalten, sind Technik und Betrieb so gestaltet, daß auch Verbindungen zwischen deutschen und Schweizer Teilnehmern praktisch wartezeitlos hergestellt werden. Soweit durchführbar sind diese technischen und betrieblichen Grundlagen auch im Verkehr mit den anders gearteten Netzen der übrigen

Abb. 3. Teilnehmer-Fernschreibstelle.

Länder eingeführt mit dem Ergebnis, daß in normalen Zeiten auch Verbindungen mit holländischen Teilnehmern wartezeitlos, solche mit Teilnehmern in Belgien, Dänemark und England in wenigen Minuten (2 bis 5) hergestellt werden. Die Fernschreibgebühren nach dem Ausland betragen die Hälfte der Fernsprechgebühren. Lediglich im Verkehr mit England werden z. Z. noch volle Fernsprechgebühren erhoben; die Ermäßigung auf die Hälfte ist jedoch in absehbarer Zeit zu erwarten.

Weiterer Ausbau des Fernschreibnetzes.

In Deutschland sind zur Zeit 12 Vermittlungsämter, darunter 4 Knotenämter, eingerichtet. Die daran angeschlossenen 600 Teilnehmer verteilen sich auf 70 Orte. Der weitere Ausbau des Netzes ist im Gange. Der Verkehr in dem deutschen Netz ist sehr rege, er hat auch in den Auslandsbeziehungen einen bedeutenden Umfang. Mit Holland z. B. werden in beiden Richtungen täglich etwa 225 Verbindungen vermittelt. Wichtiger als die augenblicklichen Verkehrszahlen ist die Tatsache, daß die Zunahme der Teilnehmerzahl und des Verkehrsumfangs stetig ist. Soweit dieses Anwachsen durch Erweiterung bestehender Ämter und Ausbau der Leitungsbündel zu befriedigen ist, kann den Anforderungen in angemessenen Fristen entsprochen werden. Soweit die Bedürfnisse neue Ämter und neue Verkehrsbeziehungen beanspruchen, muß allerdings berücksichtigt werden, daß der weitere Ausbau des Netzes nur schrittweise erfolgen kann. Diesen Ausbau nach Kräften zu fördern und dabei die gewonnenen

Erfahrungen auszunutzen und die neusten technischen Entwicklungen einzuflechten, ist die deutsche Reichspost in gemeinsamer Arbeit mit den maßgebenden Firmen bemüht, nachdem sich gezeigt hat, daß das Fernschreiben ein heute nicht mehr zu entbehrendes Mittel für den Schnellnachrichtendienst geworden ist.

Zusammenfassung.

Das Fernschreiben ermöglicht unmittelbaren fernschriftlichen Nachrichtenaustausch auf beliebige Entfernungen von einer Geschäftsstelle zu einer anderen. Von den hierfür anwendbaren Verfahren ist für das Deutsche Reich ein System mit Wählvermittlungen eingerichtet, das in technischer und betrieblicher Hinsicht als das vollkommenste angesprochen werden darf. Auch für Fernschreiben mit den Teilnehmern ausländischer Fernschreibnetze ist die wartezeitlose Herstellung von Verbindungen in weitem Maße sichergestellt. Der lebhaften Entwicklung entsprechend werden die Fernschreibnetze im In- und Ausland ständig weiter ausgebaut.

Fortschritte der Relaisentwicklung.

(Mitteilung aus dem Zentrallaboratorium der Siemens & Halske AG.)

Von K. Reche, Berlin.

DK 621.318.5 : 621.39

Übersicht. An Hand einiger richtungweisender Erfolge der Relaisentwicklung[1]), besonders auf den Gebieten der Vakuumrelais, der gepolten Relais, der Wechselstromrelais und der Kontaktstromrichter wird ein Überblick über den heutigen Stand der Relaisentwicklung gegeben.

A. Einleitung.

Das elektromechanische Relais ist einer der ältesten Bausteine der Elektrotechnik. Seit mehr als hundert Jahren wird an seiner technischen Durchbildung gearbeitet mit dem Erfolg, daß heute große Gebiete der Elektrotechnik, vorwiegend der Fernmeldetechnik, auf der Ausnutzung seiner Eigenschaften beruhen. Auch die Erfindung trägheitsloser Schaltorgane hat die schnelle Aufwärtsentwicklung des Relais nicht hemmen können. Nach wie vor bestimmt es Größe, Gestaltung und Betriebssicherheit verschiedenartiger Anlagen der Elektrotechnik. Die große wirtschaftliche Bedeutung des elektromechanischen Relais und die Vielseitigkeit seiner Anwendungsgebiete finden in einer umfangreichen Entwicklungsarbeit auf dem Relaisgebiet ihren Ausdruck. Es soll daher über einige richtungweisende Ergebnisse dieser Arbeiten berichtet werden.

B. Fortschritte der Relaisentwicklung.

1. Aufgaben des Relais.

Die vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten eines elektromechanischen Relais kann man an einem einfachen Bilde

a Erregerkreis b Relais c Kontaktkreis

Abb. 1. Anwendbarkeit des Relais.

erläutern. Das Relais ist in Abb. 1 als aus Erregerspule und Kontakt bestehend dargestellt. Es wird durch einen Erregerkreis betätigt, der eine Stromquelle, einen Widerstand und einen Schalter enthält, und es steuert einen entsprechend aufgebauten Kontaktkreis. Beide Kreise sind weitgehend entkoppelt. Sie können also auch verschiedenes Potential gegen Erde haben. Von einem Relais wird gefordert, daß es im Erregerkreis ausgeführte Schaltvorgänge wiederholbar auf den Kontaktkreis überträgt. Die Modulationseinrichtung im Erregerkreis ist im Bilde bewußt als Schalter dargestellt, um anzudeuten, daß der Erregerstrom eines elektromechanischen Relais im allgemeinen nur zwischen 0 und einem oder zwei Werten schwanken wird. Auf eine quantitative Übertragung der Stromschwankungen kann man daher verzichten. Das Relais kann und soll auch eine Kippkennlinie besitzen.

Aus diesem einfachen Grundschaltbild lassen sich die wichtigsten Anwendungen elektromechanischer Relais ablesen. Da man die elektromotorischen Kräfte und Widerstände im Steuer- und im Kontaktkreis willkürlich wählen kann, ist ein Relais als Strom- oder Spannungsverstärker brauchbar. Diese wichtige Aufgabe hat das Relais z. B. als Empfangsrelais in Telegraphie- und Fernsteuerschaltungen, aber auch in zahlreichen Stromläufen der Vermittlungstechnik und der Starkstromtechnik zu erfüllen. Leistungsverstärkungen von $1:10^6$ lassen sich mit hochwertigen Relais betriebssicher und einfach erzielen.

Die Frequenzen der elektromotorischen Kräfte E_1 und E_2 können beliebig sein. Hierdurch ist es möglich, Gleichstromschritte in Wechselstromschritte und umgekehrt Wechselstromschritte in Gleichstromschritte umzuformen. Diese Aufgabe haben beispielsweise Relais in der Wechselstromtelegraphie und in Wechselstromrufsystemen zu erfüllen. Da man die Widerstände $\mathfrak{R}_1$ und $\mathfrak{R}_2$ willkürlich wählen kann, so ist ein Relais zur Anpassung langer Leitungen an den an ihrem Ende befindlichen Verbraucher geeignet. Man schließt heute praktisch jede Telegraphenleitung mit einem Relais ab. Hierdurch erreicht man, daß das Telegraphengerät selbst stets mit der besten Anpassung, also auch dem günstigsten Wirkungsgrad arbeitet. Darüber hinaus erzielt man eine völlige Austauschbarkeit der Leitungen. Die Möglichkeit, die Potentiale zweier Stromkreise durch ein Relais zu trennen, ist für den Hochspannungsschutz des Bedienungspersonals von Fernmelde-Freileitungssystemen von Bedeutung.

Während es im allgemeinen erwünscht ist, daß die Schaltvorgänge im Erregerkreis entsprechende Vorgänge im Kontaktkreis möglichst unverzögert und unverzerrt auslösen, hat man es durch Verwendung von ansprech- und abfallverzögerten Relais in der Hand, Stromschritte zu verlängern oder zu verkürzen. Infolge seiner Kippkennlinie kann ein Relais auch zur Versteilerung verflacht ankommender Telegraphenzeichen benutzt werden.

Wir haben gesehen, daß ein Relais als Verstärker wirken kann. Gibt man ihm auf elektrischem oder mecha-

---

[1]) Vortrag anläßlich der Gründung der Arbeitsgemeinschaft für Fernmeldetechnik des VDE-Bezirks Nordmark in Kiel am 17. 1. 1939.

nischem Wege eine bestimmte Eigenfrequenz, so gelingt es ebenso wie beim Röhrenverstärker, den Relaisverstärker durch Rückkopplung zum Generator zu machen. Hierbei wird die Erregerspule in geeigneter Form in den Kontaktkreis geschaltet. Durch den Einschaltstoß angeregt, unterbricht und schließt das Relais den Kontaktkreis im Rhythmus seiner Eigenfrequenz. Es arbeitet als mechanischer Wechselrichter und kann dazu dienen, Gleichstrom in Wechselstrom umzuformen. In ähnlicher Weise kann das Relais auch zur Gleichrichtung von Wechselströmen oder zur Umspannung von Gleichspannung benutzt werden.

2. Physikalische Möglichkeiten für den Aufbau elektromechanischer Relais.

Wir haben gesehen, daß eine Fülle verschiedenartiger Aufgaben durch ein Relais gelöst werden kann. Es ist verständlich, daß die Relaisentwicklung daher eine große Mannigfaltigkeit aufweist. Diese erstreckt sich nicht nur auf Fragen der äußeren Gestaltung, sondern umfaßt auch die physikalischen Erscheinungen, die für den Aufbau elektromechanischer Relais ausgenutzt werden können.

Grundsätzlich kann zum Schließen oder Öffnen eines Kontaktes jede Erscheinung der Elektrizität verwendet werden, die eine mechanische Bewegung hervorruft (Abb. 2). Im elektrostatischen Relais wird die elektro-

A elektrostatisches Relais
B elektromagnetisches Relais
C elektrodynamisches Relais
D elektrothermisches Relais
E piezoelektrisches Relais
F magnetostriktives Relais

Abb. 2. Grundformen elektromechanischer Relais.

statische Anziehung zweier Platten zur Betätigung der Kontakte verwendet. Beim elektromagnetischen Relais wird ein Weicheisenanker von einem Elektromagneten angezogen. Beim dynamischen Relais bewegt sich ein stromdurchflossener Leiter senkrecht zu den Kraftlinien eines Gleichfeldes. In allen drei Fällen wird der Kontakt durch eine Feder in die Ruhelage zurückgeführt. Die Wärmewirkung der Elektrizität verbunden mit der thermischen Ausdehnung der Metalle wird beim Thermorelais, das hier in Form eines Bimetallstreifens dargestellt ist, zum Öffnen oder Schließen des Kontaktes benutzt. Auch der Piezoeffekt und die Magnetostriktion sind grundsätzlich für den Relaisbau verwendbar. Beim piezoelektrischen Relais wählt man, um große Auslenkungen unter dem Einfluß des elektrostatischen Feldes zu erhalten, den Aufbau zweckmäßig so, daß man in verschiedenen Achsrichtungen geschnittene Seignettesalzkristalle bimetallstreifenähnlich anordnet. Bei den letzten drei Relaisarten ist keine besondere Rückführkraft erforderlich.

Jedes der angeführten Relais hat bestimmte Vorzüge aufzuweisen. Trotzdem sind z. Z. nahezu alle technisch benutzten Relais nach dem elektromagnetischen Prinzip aufgebaut. Der Grund hierfür ist vorwiegend darin zu suchen, daß in dem technisch ausgenutzten Strom- und Spannungsbereich dieses Prinzip zu kleinen Abmessungen, hoher Betriebssicherheit und verhältnismäßig einfacher Fertigung führt. Im folgenden werden wir uns nur mit elektromagnetischen Relais beschäftigen.

3. Kontaktanordnung.

Ein elektromagnetisches Relais besteht, wie man aus Abb. 2 erkennt, aus einer Kontaktanordnung, einem beweglichen Anker aus ferromagnetischem Werkstoff und einem Elektromagneten. Wir wollen zunächst die Kontaktanordnung näher betrachten. Die mit einem Relais zu schaltenden Spannungen erstrecken sich auch dann, wenn man sie gegen die Schütze und Schalter der Starkstromtechnik abgrenzt, auf einen Bereich von etwa zehn Zehnerpotenzen. Der Strombereich ist nur um einige Zehnerpotenzen geringer. Die Schalthäufigkeit schwankt zwischen wenigen Schaltungen im Jahr und einigen hundert Schaltungen in der Sekunde, also ebenfalls etwa um den Faktor 10^{10}. Die Frequenzen der Kontaktströme liegen zwischen 0 und vielen MHz. Es ist verständlich, daß diese verschiedenartigen Betriebsbedingungen auch zu den verschiedenartigsten Anforderungen an Werkstoff und Ausführung der Kontaktanordnung führen.

Abb. 3. Nadelbildung.

Die primitivste Forderung ist die, daß die elektrischen Eigenschaften eines Kontaktes zum mindesten dann, wenn dieser nicht betätigt wird, sich nicht verändern dürfen. Der Kontakt darf weder verstauben, noch stark korrodieren. Bereits die Lösung dieser einfacher Aufgabe hat lange Zeit erhebliche Sorgen bereitet. In einem Vermittlungsamt sitzen Zehntausende von Relais mit mehreren hunderttausend Kontakten. Selbst wenn sich nur alle zehn Jahre einmal ein Staubkörnchen zwischen einen Kontakt setzen sollte, so hat man bereits mit 100 Störungen am Tage zu rechnen, wenn man nicht zu besonderen Vorsichtsmaßnahmen greift[2]. Durch die Anwendung von Doppelkontakten kann man Störungen von Relais durch Verstaubung praktisch ausschalten. Die Korrosion kann man durch den Einbau von Edelmetallkontakten vermindern; bei Schaltrelais haben sich Silberkontakte vorzüglich bewährt, da bei ihnen die entstehenden Korrosionsprodukte leitend sind. Reicht selbst die durch Doppelkontakte aus Edelmetall erzielte Betriebssicherheit für ein an einer besonders wichtigen Stelle eingesetztes Relais nicht aus, so muß man die Kontakte in Schutzgasen oder im Vakuum anordnen.

Abb. 4. Grobe Stiftbildung.
oben: Kontakt geöffnet,
unten: der gleiche Kontakt geschlossen.

Sobald die Kontakte unter Strom oder Spannung stehen, wird man fordern, daß der Übergangswiderstand

[2]) Mühlbrett-Boysen, Fernmelde-Relais; Franz Westphal Verlag, Lübeck 1933.

im geschlossenen Zustand möglichst klein und daß die Spannungssicherheit im geöffneten Zustand möglichst groß ist. Die erste Bedingung, die besonders bei hohen Strömen und kleinen Spannungen von Bedeutung ist, kann im wesentlichen nur durch zweckmäßige Auswahl der Werkstoffe erfüllt werden. Die zweite Forderung führt entweder zu den aus der Starkstromtechnik bekannten konstruktiven Maßnahmen oder zu Vakuumrelais.

Besonders große Schwierigkeiten bereitet die sich während des Schaltvorgangs selbst abspielende Werkstoffwanderung, da diese die Lebensdauer eines Kontaktes bestimmt. Die während des Öffnens und Schließens auftretenden physikalischen Erscheinungen sind außerordentlich verschiedenartig und trotz sorgfältigster Forschungsarbeit[3]) bis heute noch nicht restlos geklärt. Trotzdem sollen einige kennzeichnende Fälle der Werkstoffwanderung hier angeführt werden. Man muß hierbei jedoch von vornherein beachten, daß sich in fast allen technischen Fällen mehrere der geschilderten Vorgänge überlagern.

Betätigt man einen unter Spannung stehenden Abhebekontakt, so steigt die Feldstärke infolge der zeitweilig vorhandenen geringen Entfernung zwischen ihm und seinem Gegenkontakt auch bei verhältnismäßig kleinen Spannungen so stark an, daß eine kalte Elektronenemission der Kathode einsetzen kann. Sind die Daten des Stromkreises so gewählt, daß sich kein Funke ausbilden kann, so werden die Elektronen mit großer Wucht auf die Anode auftreffen und hier zu einer Zerstäubung oder Verdampfung des Werkstoffes führen. Der Werkstoff schlägt sich in diesem Fall als schwarzes Metallmohr an benachbarten Kontaktteilen nieder. Beim Stromübergang entstandene Ionen werden zur Kathode wandern. Der schwache Ionenstrom wird jedoch im allgemeinen nicht ausreichen, um eine zusätzliche Werkstoffwanderung hervorzurufen.

Eine gänzlich andersartige Form der Werkstoffwanderung bildet sich dann aus, wenn bei hohen elektrischen Feldstärken durch elektrische oder thermische Einflüsse Metall in größerer Menge von der Anode zur Kathode wandert und sich hier an einer bevorzugten Stelle absetzt, so daß eine Spitze entsteht. Da nunmehr der eigentliche Schaltvorgang auf eine kleine Fläche des Kontaktes beschränkt wird, entsteht auf der Anode eine entsprechende Vertiefung. Eine derartige nadelartige Werkstoffwanderung zeigt Abb. 3. An der Kathode des linken Kontaktpaars haben sich zwei, an der des rechten hat sich eine sehr feine Spitze gebildet. Diese Spitzen passen genau in auf den Anoden befindliche Vertiefungen hinein. Diese als Feinwanderung bezeichnete Art der Werkstoffwanderung ist für die Lebensdauer des Kontaktes besonders schädlich und muß schließlich einmal zu Kurzschlüssen führen.

Liegen die Voraussetzungen für das Entstehen eines Bogens vor, so ist die durch den Ionenaufprall auf die Kathode hervorgerufene Metallverdampfung stärker als die durch den Elektronenaufprall auf die Anode bewirkte. In diesem als Grobwanderung bezeichneten Fall wird Metall meist von der Kathode zur Anode wandern. Wird der Kontaktwerkstoff unter der Einwirkung des Elektronen- oder Ionenbombardements oder der Lichtbogenwärme teigig oder flüssig, so können zufällig vorhandene Spitzen durch ständiges Eintauchen sich mehr und mehr vergrößern. Auf diese Weise werden Spitzen und Vertiefungen entstehen, die häufig recht grobe Formen annehmen können (Abb. 4). Sehr starke Erwärmungen führen schließlich zum Verschweißen der Kontakte oder zum Verdampfen und Verbrennen des Werkstoffs (Abb. 5).

Abb. 5. Flächenhafter Werkstoffangriff.
oben: stark angegriffene Kontakte, unten: die gleichen Kontakte vor dem Betrieb.

Das wirkungsvollste Mittel, die Werkstoffwanderung herabzusetzen, ist eine richtig gewählte Funkenlöschung. Man nimmt hierbei die an den Kontakten auftretende Ausgleichsspannung durch einen parallel geschalteten Kondensator auf. Für die Werkstoffwanderung ist jetzt im wesentlichen nur noch die normale Leerlaufspannung des Kontaktkreises bestimmend. In stark induktiven Kreisen wird diese nur ein Bruchteil der auftretenden Ausgleichsspannung sein. Ist der Kontakt geöffnet, so hat sich der Funkenlöschkondensator auf die volle Leerlaufspannung aufgeladen. Schließt der Kontakt sich wieder, so wird sich der Kondensator mit verschwindend kleiner Zeitkonstante über ihn entladen, so daß ein sehr großer Kontaktstrom fließt. Hierdurch kann eine starke Werkstoffwanderung auftreten, die den durch den Funkenlöschkondensator beim Öffnen erreichten Fortschritt zunichte macht. Man schaltet daher in Reihe mit dem Kondensator einen Widerstand, durch den man den Ausschaltstrom auf ein unschädliches Maß begrenzt. In günstigen Fällen werden Einschaltwanderung und Ausschaltwanderung entgegengesetzte Richtung aufweisen, so daß kein Werkstofftransport stattfindet.

Die beim Schließen eines Kontaktes auftretenden Geschwindigkeitsänderungen sind außerordentlich groß. Nach dem Gesetz des elastischen Stoßes wird daher jeder Kontakt die Neigung haben, zu prellen. Hierdurch wird die Schaltzahl in der Zeiteinheit auf ein Mehrfaches erhöht und die Lebensdauer des Kontaktes sehr stark herabgesetzt. Man wird sich daher stets bemühen, die Prellungen der Kontakte zu beseitigen. Die Möglichkeiten, die

[3]) R. Holm u. F. Güldenpfennig, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 16 (1937) H. 1, S. 81.

hierfür die Wahl eines geeigneten Weg-Zeit-Diagramms für die Bewegung des Ankers bietet, sind leider begrenzt. Man geht daher so vor, daß man die beim Aufprall freiwerdende kinetische Energie durch Reibung vernichtet. Dies kann durch besondere zusätzliche Reibfedern oder durch eine reibende Bewegung der Kontakte aneinander geschehen. Das letzte Verfahren hat den großen Vorteil, daß durch Werkstoffwanderung entstandene Spitzen beseitigt werden; übertrieben angewendet führt es zu Werkstoffverlusten durch mechanischen Verschleiß.

4. Anker.

Die Gestaltung des Ankers ist je nach dem Aufgabenkreis des Relais außerordentlich verschieden. Sind, wie bei den meisten Schaltrelais, zahlreiche Kontakte zu betätigen, so wird man einen sehr stabilen Aufbau wählen; kommt es, wie beim Telegraphenrelais, vorwiegend auf die trägheitsfreie Wiedergabe der Stromschritte durch nur einen Wechselkontakt an, so führt man den Anker möglichst leicht aus. Auf jeden Fall muß der Anker einen ausreichenden Ruhe- und Arbeitskontaktdruck sicherstellen. Bei normalen Schaltrelais der Fernmeldetechnik beträgt der Arbeitskontaktdruck je Kontaktpaar etwa 20 g, bei Telegraphen-Senderelais ist er ungefähr doppelt so hoch, bei hochempfindlichen Telegraphen-Empfangsrelais ist er meist wesentlich niedriger. Der Kontaktdruck ist ein wichtiges, aber kein allein bestimmendes Maß für die Betriebssicherheit eines Relais, da diese weitgehend von dessen Gestaltung und Verwendungszweck abhängt.

Die Lagerung des Ankers kann grundsätzlich als Spitzen-, Schneiden-, Achs- oder Federlagerung ausgeführt werden. Bei Schaltrelais haben sich die drei letzten Lagerungsarten gut bewährt. Für hochempfindliche Telegraphenrelais, Vakuumrelais und Resonanzrelais setzt sich die Federlagerung mehr und mehr durch. Ist das Relais starken Erschütterungen ausgesetzt oder soll es in verschiedenen Lagen betrieben werden, so empfiehlt es sich, den Anker im Schwerpunkt aufzuhängen. Hierfür ist besonders die Federlagerung, aber auch die Achslagerung geeignet.

5. Aufbau der magnetischen Kreise.

a. Neutrale Relais. — Nachdem wir die Gesichtspunkte, die für die Ausführung der Kontaktanordnung und des Ankers maßgebend sind, kennengelernt haben, wenden wir uns jetzt dem Aufbau des magnetischen Kreises des Relais zu. Die einfachste Form des elektromagnetischen Relais ist das neutrale Relais, das in verschiedenen Ausführungsformen in Abb. 6 dargestellt ist. Die magnetomotorische Kraft der Erregerspule treibt den Fluß über die kleinen magnetischen Widerstände des Weicheisenkreises, durch den nahezu festen Widerstand der Ankerlagerung, den Widerstand des Ankers selbst und den großen veränderlichen magnetischen Widerstand des Luftspaltes hindurch. Im nicht erregten Zustand liegt der Anker unter der Einwirkung einer Feder am Ruhekontakt. Sobald Strom durch die Wicklung fließt, wird der Anker angezogen, da sich hierdurch der magnetische Widerstand des Kreises auf den kleinstmöglichen Betrag verringert. Man erkennt sofort, daß ein neutrales Relais stromrichtungsunempfindlich sein muß.

Die Rund- und Flachspulenrelais[4]) haben einen sehr hohen Grad technischer Vollkommenheit erreicht und stellen in bezug auf ihre technische Durchbildung Spitzenleistungen des Relaisbaues dar. Während diese Relais eine große Zahl von Kontakten betätigen müssen, hat das neutrale Telegraphenrelais nur einen Wechselkontakt. Sein Anker ist sehr leicht und schwerpunktgelagert ausgeführt, da dieses Relais auf verzerrungsfreie Wiedergabe der Stromschritte und auf hohe Empfindlichkeit gezüchtet ist.

[4]) A. Flad, Z. Fernmeldetechn. 10 (1929) S. 81 u. 106.

Die in ihren Grundformen dargestellten neutralen Relais sind im Schrifttum z. T. ausführlich behandelt und werden in verschiedenen Ausführungsformen in sehr großem Maße technisch verwendet. An dieser Stelle soll daher aus der Gruppe der neutralen Schaltrelais ein in

Abb. 6. Grundformen neutraler Relais.

Schutzatmosphäre arbeitendes Relais[5]) herausgegriffen werden (Abb. 7). Dieses Relais hat u. a. die Aufgabe, im Zuge von vielfach ausgenutzten Fernsprechleitungen liegende Kontakte absolut betriebssicher zu betätigen. Hierbei muß die Kapazität der Kontakte gegeneinander und gegen Körper möglichst klein sein. Anker und Kon-

a Erregerspule
b Dauermagnet
c Polschuhe
d Anker
e Keramikbock *f* Kupferzylinder *g* Glasanschmelzung
links: grundsätzliche Darstellung rechts: Ansicht des Relais

Abb. 7. Abgeschlossenes kapazitätsarmes Relais (etwa halbe natürliche Größe).

taktanordnung befinden sich in einem mit einem Schutzgas von niedrigem Druck gefüllten Gefäß, das aus einem Kupfermantel mit aufgeschmolzener Glaskugel besteht. Der von der Spule erzeugte Wechselfluß wird dem Weicheisenanker über einen in den Boden des Kupfergefäßes eingeführten Eisenstab zugeleitet. Er durchfließt den Anker und tritt in einen breiten Polschuh ein, der im Innern des Gefäßes angeordnet ist. Diesem Polschuh steht außerhalb des Gefäßes ein gleich breiter Polschuh

[5]) Über dieses Relais wird O. Römer in Kürze eingehender berichten.

gegenüber, der auf dem Spulenkern sitzt, so daß sich der magnetische Kreis schließt. Der Anker wird durch eine magnetische Feder in seine Ruhelage zurückgeführt. Diese wird durch einen Gleichflußkreis erzeugt, der ganz ähnlich wie der Erregerkreis aufgebaut ist. Das Relais arbeitet als neutrales Relais, allerdings ist seine Empfindlichkeit gegenüber Strom verschiedener Richtung etwas unterschiedlich. Es besitzt zwei voneinander isolierte kapazitätsarme Wechselkontakte.

Beim Aufbau abgeschlossener Relais hat man sich die Erfahrungen der Vakuumtechnik weitgehend zunutze gemacht. Allerdings wurde diese und auch die Relaistechnik hierbei vor eine Zahl völlig neuartiger Aufgaben gestellt. Die Entgasung von Metallteilen großer Masse bereitete ursprünglich Schwierigkeiten. Weiterhin erwiesen sich nur bestimmte Werkstoffe für den Aufbau der Feder und der Kontakte im Vakuum oder in Schutzgasen als geeignet. Insgesamt stellt der Bau abgeschlossener Relais die Relaisentwicklung vor eine Anzahl sehr interessanter und neuartiger Aufgaben.

b. Gepolte Relais. — Beim neutralen Relais ist die auf den Anker ausgeübte Anziehungskraft dem Quadrat der Induktionsänderung verhältnisgleich. Setzt man die zur Beschleunigung des Ankers und zur Überwindung der Reibung und Haftung notwendige Kraft als gegeben voraus, und fordert man einen bestimmten Kontaktdruck, so ist die Empfindlichkeit eines neutralen Relais allein durch die Änderungen des Erregerstromes gegeben. Zu wesentlich empfindlicheren Relais gelangt man, wenn man dem im Luftspalt wirkenden Steuerfluß einen konstanten Fluß in geeigneter Weise überlagert. Man erhält hierdurch ein gepoltes Relais. Dieses besitzt einen zwischen zwei Polschuhen beweglichen Anker und eine so durchgebildete Flußzuführung, daß bei Mittelstellung des Ankers Dauerfluß und Wechselfluß sich in dem einen Luftspalt addieren und in dem anderen subtrahieren. Es läßt sich leicht zeigen, daß bei einer Gleichflußinduktion $\mathfrak{B}$ und einer Erregerinduktion $\Delta\mathfrak{B}$ die Änderung der Anzugskraft

$$P = c\,\mathfrak{B}\,\Delta\mathfrak{B}$$

ist. Man erhält bei einem gepolten Relais also eine Anzugskraft, die mit dem Gleichfluß ansteigt. Hiernach wäre man also grundsätzlich in der Lage, durch ein starkes Gleichfeld die Empfindlichkeit eines gepolten Relais nahezu beliebig zu steigern. Trotzdem liegt bei den empfindlichsten Relais, die technisch verwendet werden, der Gleichfluß noch ganz erheblich unter dem Wert, den man mit verhältnismäßig geringem Aufwand praktisch erreichen könnte. Diese überraschende Tatsache erklärt sich daraus, daß die Verzerrung eines gepolten Relais sich durch eine Beziehung von der Form

$$v = \frac{1}{\Delta\mathfrak{B}}\left(a\,\mathfrak{B} + b\,\frac{1}{\mathfrak{B}} + c\right)$$

darstellen läßt, in der im wesentlichen a ein Maß für die erreichbare mechanische Genauigkeit, b für die an den Kontakten wirksamen Haft- und Reibkräfte und c für die Koerzitivkraft des Weicheisenkreises ist. Da man diese Faktoren nicht beliebig verkleinern kann, besteht bei vorgeschriebenem Kontaktdruck und vorgeschriebener Verzerrung ein optimaler Gleichfluß für jedes gepolte Relais. Hieraus ergibt sich die wichtige Erkenntnis, daß die Empfindlichkeit eines gepolten Relais bei vorgeschriebener Verzerrung nicht durch den im Luftspalt erreichbaren Gleichfluß, sondern durch die Güte der benutzten Werkstoffe und durch die Beherrschung der mechanischen Probleme des Relais bestimmt ist[6]).

In seiner Arbeitsweise unterscheidet sich ein gepoltes Relais dadurch grundsätzlich von einem neutralen Relais, daß es stromrichtungsempfindlich ist. Sein Anker wird, wenn auf ihn keine starke mechanische Federkraft wirkt, zwei Ruhelagen besitzen. Beim Verschwinden der Erregung bleibt er daher stets an dem Kontakt liegen, an dem er zuletzt lag. Während das neutrale Relais auf das Kriterium Strom oder Stromlosigkeit anspricht, schlägt das symmetrisch gepolte Relais nur bei Richtungsänderungen des Stromes um.

Abb. 8. Arbeitsweise verschiedener Relaisarten bei gleicher Steuererregung.

Dieses verschiedenartige Verhalten von Relais, das für ihren praktischen Einsatz oftmals von grundlegender Bedeutung ist, ist in Abb. 8 dargestellt. Erregt man durch die gleichen Stromschritte ein neutrales Relais, ein symmetrisch gepoltes, ein unsymmetrisch gepoltes und schließlich ein gepoltes Relais mit Mittelstellung des Ankers

Abb. 9. Grundformen gepolter Relais.

im nicht erregten Zustand, so nehmen ihre Anker zu den gleichen Zeiten ganz verschiedene Lagen ein. Ein unsymmetrisch gepoltes Relais ist so aufgebaut, daß der Dauerfluß praktisch nur in einem Luftspalt vorhanden ist. Durch eine von Gleichstrom durchflossene Haltewicklung kann man bei jedem symmetrisch gepolten Relais den Dauerfluß in einem Luftspalt kompensieren und dem

[6]) Diese Tatsache hat W. Hähnle in einer unveröffentlichten Arbeit besonders klar herausgearbeitet.

Relais somit den Charakter eines unsymmetrisch gepolten Relais geben. Dieses spricht im Gegensatz zu einem neutralen Relais nur auf Strom bestimmter Richtung an; beim Verschwinden des Stromes fällt es ebenso wie dieses sofort ab. Im praktischen Telegraphenbetrieb entstehen Zeiten der Stromlosigkeit, beispielsweise durch die Umschlagzeit des den Kreis steuernden Relais. Bei Verwendung eines symmetrisch gepolten Relais werden hierdurch die Zeichen nicht verzerrt, bei den anderen Relaisarten geht jedoch die Umschlagzeit des Steuerrelais auf die Verzerrung ein. Auch auf Prellungen des Steuerrelais spricht ein symmetrisch gepoltes Relais nicht an, während die anderen

a	Anker	*e*	Dauermagnet
b	Ankerdrehachse (Feder)	*f*	Flußzuführungsgabel
c	Arbeitsluftspalte	*g*	Polschuhe (Weicheisen)
d	Ankereinspannbock	*h*	Weicheisenbolzen

Abb. 10. Telegraphenempfangsrelais.

Relais während der Prellungen abfallen können. Ein weiterer großer Vorteil des gepolten Relais besteht darin, daß Pegelschwankungen abgeflacht ankommender Zeichen nur bei ihm keine Verzerrung hervorrufen. Diese Vorzüge des gepolten Relais haben dazu geführt, daß lange Telegraphenleitungen fast ausschließlich mit Doppelstrom und gepolten Relais betrieben werden.

Einige der Möglichkeiten, die sich für den Aufbau des magnetischen Kreises eines gepolten Relais bieten[7]), sind in Abb. 9 dargestellt. Bei der ersten Ausführung treiben die in Reihe geschalteten magnetomotorischen Kräfte der beiden Erregerspulen den Wechselfluß in gleicher Richtung durch die beiden Luftspalte. Der Gleichfluß hingegen gabelt sich beim Verlassen des Ankers, durchfließt die Luftspalte in entgegengesetzter Richtung und schließt sich über den Weicheisenkreis. Das Ersatzbild zeigt, daß der magnetische Aufbau einer Differentialschaltung entspricht. Der zweiten Ausführung liegt ein Brückenaufbau zugrunde. Der Anker befindet sich in der Erregerspule, so daß sich diesmal der Wechselfluß gabelt, während der Dauerfluß in gleicher Richtung durch beide Luftspalte hindurchtritt. Ein Kurzschluß des Dauermagneten wird durch zwei feste Luftspalte verhindert. Die dritte Schaltung ist ebenfalls eine Brückenschaltung. Sie hat jedoch den großen Vorzug, daß Gleich- und Wechselflußkreis weitgehend entkoppelt sind. Das Eisen im Erregerkreis wird also durch den Dauerfluß nicht gesättigt. Da der Dauerfluß nicht über den Eisenkern der Spule fließt, so kann dieser mit kleinem Querschnitt ausgeführt werden. Hierdurch ergeben sich geringe Kupferverluste und kleiner Raumbedarf. Das Relais hat weiterhin den Vorteil, nur eine Spule zu besitzen, auf der man leicht mehrere symmetrische Wicklungen unterbringen kann.

Auf der Grundlage dieser Brückenanordnung ist ein hochempfindliches Telegraphenrelais entwickelt worden (Abb. 10). Eine Spule mit großem Wickelraum treibt den Erregerfluß durch einen Weicheisenkreis, der aus einer Legierung außerordentlich niedriger Koerzitivkraft besteht, so daß auch starke Störströme keine zusätzliche Verzerrung hervorrufen können. Der Fluß des Dauermagneten wird den Polschuhen über Bolzen zugeführt, teilt sich im Luftspalt und fließt durch den Anker und eine Flußzuführungsgabel zum Magneten zurück. Dauerflußkreis und Erregerkreis sind durch zwei zwischen Stromzuführungsbolzen und Polschuh angeordnete Luftspalte entkoppelt. Das Relais hat einen federgelagerten Anker, der in seinem Schwerpunkt aufgehängt ist. Die Kontakte sind Federreibkontakte, der Kontaktbock ist leicht verstellbar angeordnet. Das Relais arbeitet, mit Sinusstrom von 25 Hz erregt, bei einer Scheinleistung von 2 mVA praktisch verzerrungsfrei. Seine statische Ansprechempfindlichkeit liegt bei etwa 1,5 μW. Das Relais prellt kaum, seine Hubzeit beträgt bei der angegebenen Erregung etwa 2 ms. Durch die Entwicklung dieses Relais ist es gelungen, ein hochempfindliches Telegraphenrelais mit sehr stabilem Aufbau zu schaffen.

Ein anderes sehr interessantes gepoltes Relais ist der Schwinggleichrichter[8]). Während es bei dem geschilderten Telegraphenrelais darauf ankam, mit einer niedrigen Steuerleistung eine hohe Kontaktleistung zu schalten, wird bei dem Schwinggleichrichter eine große Steuerenergie benutzt, um den Anker, dessen Eigenfrequenz ein Vielfaches der Erregerfrequenz ist, außerordentlich genau und prellfrei zu betätigen. Die Kontaktleistung ist hierbei sehr klein. Aus Abb. 11 erkennt man, daß der Aufbau dieses Relais dem ersten Grundschaltbild entspricht.

a	Dauermagnet	*c*	Phasenregler	*e*	Gegenkontakt
b	Elektromagnet	*d*	Zunge	*f*	Gleichstrommeßgerät

Abb. 11. Schwinggleichrichter (Aufbau und Schaltung).

Der Schwinggleichrichter wird in Schaltungen benutzt, bei denen eine mit der Erregerspannung synchrone Wechselspannung geschaltet werden soll, deren Phasen mit Hilfe eines Reglers beliebig gegeneinander verschoben werden können. Eine der interessantesten Anwendungen des Schwinggleichrichters zeigt Abb. 12. Durch einen Schwinggleichrichter mit Phasenregler kann man die Augenblickswerte eines reinen stationären Wechselstromes oder einer reinen stationären Wechselspannung beliebig langsam abtasten und an einem Instrument ablesen, dadurch, daß man die Phase zwischen Erregerstrom und dem synchronen zu messenden Strom verschiebt. Man nutzt dieses Verfahren dazu aus, die Kennlinie eines nichtlinearen Widerstandes mit einem Koordinatenschreiber aufzunehmen, dessen eines System von einem Schwinggleichrichter gespeist wird, der den Augenblickswert der Spannung, und dessen anderes System von einem Schwinggleichrichter gespeist wird, der den Augenblickswert des Stromes anzeigt. Durchläuft jetzt die Phase zwischen der Erregung der Schwinggleichrichter und den Meßgrößen die Werte 0 bis 360 °, so zeichnet der Koordinatenschreiber selbsttätig die gewünschte Kennlinie auf.

[7]) F. Schlweck u. O. Römer, Telegr.-, Fernspr.- u. Funktechn. 26 (1937) S. 109. — O. Römer, W. Keller u. F. Berck, Siemens-Z. 18 (1938) S. 280. — F. Schiweck, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 180.

[8]) H. Pfannenmüller, Siemens-Z. 14 (1934) S. 202. — W. Thal, Wechselstrom-Hysteresisschleife, Aufnahme mit dem Ferrometer, Arch. techn. Messen (1935) V—951—2. — Vgl. auch K. Reche, Über die Entwicklungsarbeit und die Forschung der Siemens & Halske A.G., Siemens-Z. 17 (1937) S. 111.

c. Verzögert schaltende Relais. — Während bei den bisher geschilderten Relais der Wunsch bestand, daß die Kontakte den Steuerkriterien möglichst trägheitslos folgen, ist für viele Zwecke ein verzögertes Ansprechen oder Abfallen des Relais erwünscht. Man unterscheidet diesen Forderungen entsprechend zwischen Zeitrelais und Verzögerungsrelais. Besonders die letzteren haben für die Nachrichtentechnik große Bedeutung erlangt. Ihre Verzögerung wird meist dazu ausgenutzt, ein Zusammenbrechen von Relaiskreisen während der Vorbereitung neuer Erregerkreise zu verhindern. Man kann grundsätzlich jedes neutrale Relais zu einem verzögerten Relais dadurch machen, daß man es mit einer zusätzlichen Kurzschlußwicklung versieht. Schaltet man den Erregerstrom ab, so wird in dieser Wicklung beim Zusammenbrechen des magnetischen Feldes ein Induktionsstoß erzeugt, der den Fluß so lange aufrechtzuerhalten sucht, bis der Strom infolge der thermischen Verluste abgeklungen ist. Technisch werden auf diese Weise Verzögerungen bis etwa 400 ms erreicht. Die Anlaufzeit des Relais wird durch diese Maßnahme nur wenig beeinflußt.

$$A = \frac{1}{T}\int_t^{t+\frac{T}{2}} u\,dt \cdot \text{konst.} = \frac{L}{T}\int_t^{t+\frac{T}{2}} (di/dt)\cdot dt\cdot \text{konst.} = \frac{L}{T}\left(i_{t+\frac{T}{2}} - i_t\right)\cdot \text{konst.} = i L f \cdot \text{konst}$$

$$\text{da: } u = L\frac{di}{dt} \qquad i_{t+\frac{T}{2}} = -i_t = -i$$

Abb. 12. Anwendung des Schwinggleichrichters zur Bestimmung der Augenblickswerte der Strom- und Spannungskurven eines reinen stationären Wechselstromes.

d. Wechselstromrelais. — Für sehr viele Anwendungsgebiete sind Relais erforderlich, die Wechselstromschritte in Gleichstromschritte umsetzen müssen. Hierfür ist es notwendig, daß das Relais so lange an seinem Arbeitskontakt liegt, wie Wechselstrom vorhanden ist; verschwindet dieser, so muß es abfallen. Speist man ein neutrales Relais mit Wechselstrom, so ist die auf seinen Anker wirkende Anziehungskraft

$$p = 1/2\,P\,(1 - \cos 2\,\omega\,t).$$

Die Anziehungskraft setzt sich somit aus einem konstanten Betrag und aus einem sinusförmig schwankenden Betrag zusammen. Das Relais wird mit der doppelten Erregerfrequenz schnarren. Es läßt sich leicht zeigen, daß man eine konstante Anziehungskraft erhält, wenn man den Erregerfluß in zwei gleiche Teile aufspaltet, die in der Phase um 90° verschoben sind. Diese Phasenverschiebung kann man in der Form vornehmen, daß man zwei getrennte Elektromagnete auf einen gemeinsamen Anker wirken läßt und sie mit Hilfe eines zugeschalteten Kondensators so speist, daß die in ihnen erzeugten Flüsse aufeinander senkrecht stehen. Eine zweite Möglichkeit besteht darin, daß man nur ein Erregersystem verwendet, aber an der Stelle, an der der Fluß in den Anker übertritt, eine Kupferwindung vorsieht, die einen Teil dieses Flusses umschließt. Während so die eine Hälfte des Flusses unmittelbar in den Anker übertritt, wird der andere Anteil durch die Kurzschlußwindung ähnlich wie bei einem Verzögerungsrelais in seiner Phase verschoben (Abb. 13). Man erreicht so mit geringem Aufwand ein schnarrfreies Arbeiten. Der rechten Darstellung entsprechend wurde ein hochempfindliches Wechselstromrelais für Fernsprech-Rufsysteme entwickelt. Das Relais[9]) arbeitet bei einer Erregung mit 25 Hz Wechselstrom

Abb. 13. Wechselstromrelais.

von 50 mVA mit einem Arbeitskontaktdruck von 10 g und einem Ruhekontaktdruck von 2 g. Die Ansprechzeit beträgt 2 ms, die Abfallzeit ist etwa ebenso groß. Das Relais ist in etwas abgeänderter Form auch als Gleichstromrelais verwendbar und benötigt dann für die gleichen Kontaktdrücke eine Erregung von nur 1 mW.

e. Gepolte Resonanzrelais. — Eine grundsätzlich andere Möglichkeit, Wechselstromschritte in Gleichstromschritte umzuformen, bietet das Resonanzrelais. Speist man ein gepoltes Relais mit Wechselstrom, so wird sein Anker, wenn es genügend trägheitsfrei arbeitet, dem Steuerfluß folgen. Gibt man dem Anker des Relais durch eine Federeinspannung eine definierte Mittellage, so kann man ein derartiges Relais als Wechselstromrelais verwenden. Man schaltet hierzu Trenn- und Arbeitskontakt parallel und überbrückt die Umschlagzeit durch einen Kondensator. Das aus Feder und Ankermasse bestehende Schwingsystem hat eine Eigenfrequenz, in der es besonders leicht erregt werden kann. Diese Eigenfrequenz wählt man zweckmäßig so, daß sie gleich der Frequenz des Steuerstromes ist. In diesem Fall arbeitet das Relais als Resonanzrelais. Gegen Störströme aller Art wird das Relais sehr unempfindlich sein, in seiner Eigenfrequenz wird es aber bereits durch ganz

a Flußzuführungen *b* Anker *c* Federlagerung *d* Dauermagnet *e* Flußzuführungslappen *f* Abstimmgewicht *g* Kontakte

Abb. 14. Gepoltes Resonanzrelais (Anker und Erregersystem auseinandergerückt dargestellt).

[9]) P. Roß u. H. Weber, Siemens-Veröff. Nachr.-Techn. 7 (1937) S. 879.

geringe Ströme erregt. Ein technisch ausgeführtes Resonanzrelais[10]) (Abb. 14), das in seinem magnetischen Aufbau weitgehend dem in Abb. 10 dargestellten Relais entspricht, erfordert beispielsweise bei 20 Hz eine Wechselstromerregung von nur 0,15 mVA. Seine Erregungsleistung ist also etwa 300mal kleiner als die des zuvor erwähnten hochempfindlichen Wechselstromrelais. Da das Resonanzrelais aber nur langsam einschwingt, ist seine Ansprechzeit etwa 200mal so groß (200 ms). Die Abfallzeit beträgt etwa 400 ms. Das Resonanzrelais wird in Ruf- und Signalschaltungen verwendet.

f. Kontaktstromrichter. — In der jüngsten Zeit hat sich das Resonanzrelais in der Form des ungepolten Relais ein sehr großes neues Anwendungsgebiet erobert. Es wurde bereits erwähnt, daß man ein elektrisch oder mechanisch abgestimmtes Relais zur Wechselstromerzeugung benutzen kann. Diese Aufgabe liegt z. B. vor, wenn man die Stromversorgung von Wechselstromgeräten aus Gleichstromquellen vornehmen will. Die erheblichen wirtschaftlichen Nachteile, die für Verbraucher und Erzeuger damit verknüpft sind, daß man besondere Rundfunkempfänger für Gleichstromnetze und Wechselstromnetze entwickeln und fertigen mußte, sind allgemein bekannt. Noch wesentlich umständlicher ist die Stromversorgung kleiner beweglicher Röhrengeräte, da man hierfür getrennte Heiz- und Anodenstromquellen mitführen mußte. Obgleich die Verwendung von Resonanzrelais für die Wechselstromerzeugung seit Jahrzehnten bekannt ist, scheiterte ihre Anwendung bis vor kurzem an der unzureichenden Lebensdauer der Kontakte. Erst in den letzten Jahren gelang es, Kontaktstromrichter zu entwickeln, die als Wechselrichter die Umformung von Gleichstrom in Wechselstrom und als Gleichumrichter die Umspannung von Gleichspannungen betriebssicher vornehmen. Bevor wir auf die zu diesem Zweck entwickelten Relais näher eingehen, soll die Arbeitsweise derartiger Geräte an zwei Grundschaltbildern (Abb. 15) erläutert werden.

links: Wechselrichter rechts: Gleichumrichter

Abb. 15. Kontaktstromrichter (Grundschaltung).

Die Aufgabe eines Wechselrichterrelais besteht darin, eine Gleichspannungsquelle mit wechselnder Polung im Rhythmus der gewünschten Frequenz an einen Übertrager zu legen. Die Erregerspule des Relais wird hierbei häufig durch einen Hilfskontakt gespeist. In dem gezeichneten Beispiel ist die Umschaltung zweipolig vorgenommen. Bei dem dargestellten Gleichumrichter wird zunächst durch einpolige Umschaltung Wechselspannung erzeugt, die auf der Sekundärseite des Übertragers mit einem auf dem gleichen Relais sitzenden Wechselkontakt wieder gleichgerichtet wird. Man erkennt, daß ein solches Gerät als Gleichstromtransformator verwendet werden kann.

Die technischen Anforderungen, die an ein Stromrichterrelais zu stellen sind, sind außerordentlich hoch, da das Relais in einer Stunde etwa 300 000 Schaltungen ausführen muß, wobei verglichen mit anderen Relais der Fernmeldetechnik recht große Leistungen zu schalten sind. In Abb. 16 ist ein neu entwickeltes Stromrichterrelais dargestellt, an dessen Durchbildung vorwiegend die Herren Römer und Aberle beteiligt waren. Bei einer Spannung von 220 V kann es Leistungen in der Größenordnung von 100 W schalten. Es besteht aus einer Erregerspule, einem auf die gewünschte Frequenz abgestimmten federgelagerten Anker und einer Kontaktanordnung mit vier Umschaltkontakten und einem Hilfskontakt. Schwingt der Anker, so verändert sich der Luftspalt zwischen ihm und der Erregerspule, und die Kontakte werden im Rhythmus der Eigenfrequenz des Ankers betätigt. Die Kontakte sind als Reibkontakte ausgebildet und haben große Kontaktflächen.

A Stromrichterrelais, B Leichtmetallgehäuse, C Sockel, D Gußeisenkappe, a, b Ankerkontakte, c, d Gegenkontakte, e Ankerfeder, f, g Gegenlagen, h Hilfskontakt

Abb. 16. Kontaktstromrichterrelais für Rundfunkwechselrichter.

Die notwendige Lebensdauer des Relais wird durch einen sorgfältigen konstruktiven Aufbau, hohe Kontaktdrücke, geeignete Werkstoffe und eine geschickt bemessene Funkenlöschung sichergestellt. Für die meisten Anwendungsgebiete muß das Relais weitgehend elektrisch entstört werden. Die Wahl der Funkenlöschung ist besonders für Gleichumrichter von einschneidender Bedeutung. Ein sorgfältiges Studium der Schaltvorgänge in den angeregten Kreisen hat hier zu grundsätzlich neuen Lösungen geführt.

Infolge seiner tonfrequenten Eigenresonanz und der hohen Kontaktdrücke wirkt ein Stromrichterrelais naturgemäß als Schallerzeuger. Arbeitet es mit Rundfunkgeräten zusammen, so muß es auch akustisch sehr weitgehend entstört werden, da man in ruhigen Räumen bereits Geräusche als sehr unangenehm empfindet, die die Reizschwelle des Ohres gerade erst überschreiten. Für diesen Anwendungszweck ist das Relais von zwei Gehäusen umgeben, von denen das äußere aus schwerem Gußeisen ausgeführt ist; hierzu mußte man sich entschließen, um eine möglichst tiefe Eigenfrequenz zu erzielen; darüber hinaus bildet diese Kappe gleichzeitig ein Glied der akustischen Spulenleitung, die zur Entkopplung des Relais und des Sockels dient. Der Aufbau dieses Filters, das sich aus einer großen Eisenmasse und federnden Gummiteilen zusammensetzt, ist aus Abb. 16 zu erkennen. Man erzielt durch die gewählte Anordnung ein praktisch geräuschfreies Arbeiten des Relais.

Da ein hoher akustischer Widerstand im allgemeinen auch einen hohen thermischen Widerstand darstellt, ergibt sich durch den Schallschutz naturgemäß eine verhältnismäßig starke Erwärmung des eigentlichen Relais. Dieser Tatsache hat man dadurch Rechnung getragen, daß man abgesehen von der Drahtisolation alle organischen Bestandteile beim Aufbau des Relais vermieden hat. Selbst die Spulenkörper sind aus keramischem Werkstoff hergestellt. Die Entwicklung von Kontaktstromrichtern hat der Elektrotechnik völlig neue Wege eröffnet; sie wird für die Durchbildung vieler Geräte Bedeutung haben.

Zusammenfassung.

Verschiedenartige Aufgaben können mit elektromechanischen Relais gelöst werden. In der Technik hat unter allen Ausführungsformen elektromechanischer

[10]) Wie Fußnote 9.

Relais das elektromagnetische Relais eine überragende Bedeutung erlangt. Die Gesichtspunkte, die für die Gestaltung seiner Kontaktanordnung, seines Ankers und seines magnetischen Kreises maßgebend sind, wurden daher eingehend behandelt. Die Fortschritte der Relaisentwicklung wurden an einem kapazitätsarmen Vakuumschaltrelais und je einem hochempfindlichen Telegraphenrelais, Wechselstromrelais und Resonanzrelais dargestellt. Besondere Beachtung verdient die Entwicklung von Kontaktstromrichtern, die in der Technik mehr und mehr Eingang finden. Betrachtet man schließlich die Relaisentwicklung als Ganzes, so erkennt man deutlich, daß die verschiedensten Zweige der Physik und der Technik für die Durchbildung eines Relais bestimmend sind. Die meisten der im Rahmen dieser Arbeit erwähnten Relais werden in Zehntausenden von Exemplaren gefertigt. Da hierfür überwiegend angelernte Kräfte eingesetzt werden müssen, wird von der Arbeitsvorbereitung und der Arbeitsüberwachung ein sehr hoher Grad der Vollkommenheit gefordert. Allerdings kann man infolge der großen Stückzahlen Herstell- und Prüfverfahren entwickeln, die bei kleineren Serien niemals wirtschaftlich tragbar wären. Man erkennt hieraus, daß auf dem Gebiete der Relaisentwicklung der Laboratoriumsingenieur aufs engste mit dem Konstrukteur und der Werkstatt zusammenarbeiten muß. Der Weg zu einem hochwertigen Laboratoriumsmuster ist meist um ein Vielfaches kürzer als der, der von diesem Relais zu einem verkaufsfertigen Einzelteil führt, das von angelerntem Personal gefertigt werden kann, nahezu wartungslos arbeitet und auch unter mechanischen Erschütterungen und ungünstigen klimatischen Verhältnissen seine Aufgaben erfüllt. Trotz dieser Schwierigkeiten ist es gerade in der jüngsten Zeit gelungen, die Betriebssicherheit elektromechanischer Relais sehr stark zu erhöhen und ihnen grundsätzlich neue Anwendungsgebiete zu erschließen.

Ein Zwölf-Kanal-Trägerfrequenzsystem für unbelastete Kabelleitungen.

(Mitteilung aus dem Zentrallaboratorium der Siemens & Halske AG.).

Von **D. Thierbach** und **A. Schmid**, Berlin.

DK 621.395.44

Übersicht. Für unbelastete Kabeladern ist ein Zwölf-Kanal-Trägerstromsystem (U-System) entwickelt und auf einer Versuchsstrecke eingerichtet worden. Über die Geräte und über die Meßergebnisse soll berichtet werden[1]).

1. Einleitung.

Bezeichnend für die Entwicklung der Fernsprechtechnik in den letzten Jahren ist das Streben nach der Übertragung immer breiterer Frequenzbänder auf den Leitungen. Die Gründe, die dazu geführt haben, sind verschiedener Art; der Wunsch, die Übertragungsgüte zu verbessern, ergab den ersten Anstoß, sehr bald kam jedoch die Erkenntnis hinzu, daß es möglich sei, durch Mehrfachausnutzung breiter Übertragungsbänder die Wirtschaftlichkeit der Fernleitungen zu steigern. Im Laufe der Jahre wurde infolgedessen die Induktivität der eingeschalteten Spulen verringert, und dementsprechend erhöht sich die Grenzfrequenz der Pupinkabel.

In der letzten Zeit ist man einen wichtigen Schritt weitergegangen; dieser Schritt besteht im Weglassen jeder Pupinisierung, also im Übergang zur unbelasteten Leitung. Hier müssen wir unterscheiden zwischen Leitungsarten, die wie in der Pupintechnik symmetrisch aus papierisolierten Drähten aufgebaut sind, und einem neuen Kabeltyp, der unsymmetrisch mit besonders verlustarmer Isolierung versehen ist. Die unbelasteten papierisolierten Kabeladern können etwa 12 bis 25 Gespräche übertragen, während die koaxialen Kabel mehrere hundert Gespräche aufnehmen können [1]*).

Die Wirtschaftlichkeit einer Mehrfachanlage nimmt im allgemeinen mit steigender Gesprächszahl zu; je größer jedoch die Bündlung ist, um so geringer wird die Zahl der Strecken sein, auf denen solche Systeme eingesetzt werden können. Jede dieser beiden Kabelarten dient infolgedessen in neuzeitlichen Fernkabelnetzen zur Lösung bestimmter Aufgaben. Während das koaxiale Kabel mit seinem großen Gesprächsbündel geeignet ist, die großen Verkehrszentren miteinander zu verbinden, ist das unbelastete papierisolierte Kabel vorgesehen, sowohl die Grundlinien eines Netzes für ein ganzes Land zu bilden als auch als zwischenstaatliche Verbindungslinie zu dienen.

[1]) Vortrag, gehalten am 16. 2. 1939 im VDE-Bezirk Berlin (Fachgruppe: Funktechnik und Verstärkertechnik).

*) Die Zahlen in [ ] beziehen sich auf das Schrifttumsverzeichnis am Schluß des Aufsatzes.

Bei den unbelasteten symmetrischen Kabeln ist die Bündelung noch nicht so stark, um nicht vielseitig anwendbar zu sein; anderseits jedoch ist sie groß genug, eine außerordentliche Wirtschaftlichkeit sicherzustellen. Dabei ist die Ausnutzung von unbelasteten Kabeladern nicht beschränkt auf neu verlegte Kabel, es ist durchaus möglich, geeignete vorhandene Kabel zu benutzen, indem man sie entpupinisiert und so neue zusätzliche Gesprächswege gewinnt. Dem Mehrfachsystem für unbelastete Adern, dem sogenannten U-System, ist also eine sehr große Bedeutung zuzumessen.

Diese Bedeutung rechtfertigte es, ein solches System durch einen groß angelegten Versuch zu erproben. In Zusammenarbeit mit der Deutschen Reichspost [2] wurden zwischen Berlin und Leipzig zu diesem Zweck zwei Systeme zu je 12 Gesprächen eingerichtet und einer betriebsmäßigen Prüfung unterzogen. Die Leitungen für diese Verbindungen wurden durch Entpupinisieren vorhandener Kabeladern gewonnen; insgesamt 9 Verstärkerabschnitte waren zu überbrücken; die Länge der Verbindung beträgt etwa 300 km.

2. Grundsätzlicher Aufbau des U-Systems.

Eine unbelastete Leitung besitzt keine Grenzfrequenz, stellt also theoretisch einen unbegrenzten Übertragungsbereich zur Verfügung. Praktisch wird dieser jedoch durch technische Bedingungen und wirtschaftliche Erwägungen eingeengt. Abb. 1 zeigt den Dämpfungsverlauf einer Doppelleitung eines sternverseilten Kabels von 1,2 mm Dmr. für 35 km Länge. Die Leitungsdämpfung steigt bei höheren Frequenzen infolge der zunehmenden Verluste im Kupfer und in der Isolation an. Diese Dämpfung muß durch Verstärker wieder aufgehoben werden. Mit Rücksicht auf die Leistung der Endröhre und den Abstand des Betriebspegels vom Rauschpegel läßt sich die Verstärkung nicht beliebig hoch treiben [3, 4]. Eine rohe Abschätzung ergibt, daß die Dämpfung je Abschnitt etwa 6 bis 7 N nicht überschreiten sollte. Der Ausdehnung des Übertragungsbereiches nach höheren Frequenzen wird also durch die steigende Dämpfung eine Grenze gesetzt. Sie kann weiter nach oben verschoben werden, dadurch, daß kleinere Verstärkerabstände oder größere Aderdurchmesser vorgesehen werden. Diese Maßnahmen werden jedoch durch weitere Gesichtspunkte beeinflußt: Es ist erwünscht, bei den

bisher üblichen in der Kabeltechnik bewährten Aderdurchmessern zwischen 0,9 und 1,4 mm zu bleiben; ferner sind, da ein Kabel normalerweise mehrere U-Leitungen enthält, die Kopplungen zwischen diesen Leitungen zu berücksichtigen, die mit der Frequenz ansteigen; im übrigen sprechen noch Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit der Anlage bei der Festlegung des Übertragungsbereichs erheblich mit. Die Erfahrung hat gezeigt, daß sich mit 1,2 mm-Aderpaaren bei einer oberen Frequenzgrenze von etwa 60 kHz und Verstärkerabständen von etwa 35 km brauchbare Werte für die Dämpfung sowie für das Nebensprechen ergeben und eine gute Wirtschaftlichkeit des Systems erreicht wird.

a Bereich des U-Systems *b* Frequenzschema des 12-Kanal-U-Systems

Abb. 1. Dämpfung einer U-Leitung, 1,2 mm Cu, l = 35 km.

Wie bereits erwähnt, stellt jedoch die Frequenz 60 kHz keine absolute Grenze dar. Eine nochmalige Halbierung des Verstärkerabstandes würde eine weitere Erhöhung des Frequenzbereiches bringen. Es würde dann möglich sein, die Gesprächszahl zu erhöhen, vielleicht zu verdoppeln. Damit jedoch erscheint die Grenze für diesen Kabeltyp erreicht, sicher wird es nicht zweckmäßig sein, Hunderte von Gesprächen auf papierisolierten Kabeln zu übertragen, das bleibt den koaxialen Kabeln vorbehalten. Auch bei der Festlegung der unteren Grenze des Übertragungsbereichs sind verschiedene Überlegungen zu beachten: Je tiefer diese Grenze ist, desto größer wird die relative Breite, d. h. der Oktavenumfang des Übertragungsbereiches. Damit werden größere Anforderungen an die Entzerrung der Kabeldämpfung und an die Verstärker gestellt. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Gesichtspunkte hat man sich international für den Aufbau des U-Systems auf den Bereich von 12 bis 60 kHz geeinigt.

Wieviel Gespräche sich in diesem Bereich unterbringen lassen, hängt von der Breite des Frequenzbandes ab, das man je Gespräch zur Verfügung stellen will, und ferner von dem Frequenzabstand zwischen benachbarten Gesprächen, der mit Rücksicht auf ihre Trennungsmöglichkeit gefordert wird. Ein Fernsprechkreis sollte nach der Empfehlung im CCI-Weißbuch von 1931 die Frequenzen von 300 bis 2600 Hz übertragen. In den Beratungen in Oslo 1938 ist vorgeschlagen worden, diesen Bereich für zwischenstaatliche Sprechkreise zu erweitern; es wird empfohlen, mindestens den Bereich von 300 bis 3400 Hz zu übertragen. Unter Berücksichtigung der zur Trennung nötigen Frequenzlücken hat man vorgeschlagen, je Sprechkanal einen Bereich von 4 kHz zu belegen. Für den Frequenzbereich des U-Systems (12 bis 60 kHz) ergibt sich demnach die in Abb. 1 gezeigte Frequenzverteilung [5].

Der grundsätzliche Aufbau des 12-Kanal-Systems ist in Abb. 2 dargestellt. Jede einzelne Verbindung stellt betriebsmäßig eine Vierdrahtleitung dar, d. h. je Gesprächsrichtung ist ein besonderer Kanal geschaffen. Die Sprache eines jeden Teilnehmers wird durch einen Frequenzumsetzer in das vorgesehene Frequenzband gebracht, die Gespräche der 12 Teilnehmer laufen dann frequenzmäßig gestaffelt gemeinsam über das Kabel; sie werden unterwegs gemeinsam verstärkt, am Empfangsort getrennt und schließlich durch den Frequenzumsetzer in ihre natürliche Frequenzlage zurückgeführt [6, 7].

Bg Amplitudenbegrenzer M_1, M_2 Modulatoren F_1, F_2 Filter
a Vormodulation *b* Bandmodulation *c* Frequenzumsetzer

Abb. 2. Grundsätzlicher Aufbau eines Endamtes.

Damit ergeben sich die wichtigsten Aufgaben für den Bau dieses Trägersystems: es sind die Frequenzumsetzer zu entwickeln, die den Frequenzbereich der Sprachschwingungen verschieben, ferner die Verstärker, die 12 Gespräche gemeinsam verstärken sowie die Entzerrer, die die frequenzabhängige Dämpfung der Leitung aufheben; weiterhin sind Einrichtungen zu schaffen, die die Umsetzer mit den Trägerspannungen versorgen.

Bei der Modulation eines Trägers entstehen bekanntlich zwei Seitenbänder, deren jedes allein die Nachricht vollkommen enthält. Um an Frequenzband zu sparen, wird man also ein Seitenband ausblenden. Ebenso soll der Träger, der keinerlei Nachricht übermittelt, durch die Modulationsschaltung unterdrückt werden. Der Frequenzumsetzer stellt somit ein Gerät dar, das ein bestimmtes Frequenzband aufnimmt und ein bildgetreues Band in anderer Frequenzlage abgibt. Die Umsetzung wird in zwei Stufen durchgeführt. Dadurch erreicht man, daß man selbst bei den verhältnismäßig hohen Frequenzen von 60 kHz noch mit einfachen Filtern üblicher Technik auskommt und daß trotzdem die Verluste an Frequenzband bei der Aussiebung des Seitenbandes klein bleiben. Aus Abb. 2 ist der Aufbau eines Sprechweges ersichtlich: Die Sprachströme des Teilnehmers gelangen über die Gabel und einen Amplitudenbegrenzer *Bg*, der besonders große Sprachspitzen, die zu Störungen Anlaß geben können, abschneidet, auf die erste Modulationsstufe, die Vormodulation. Diese Vorumsetzung erfolgt mittels des Trägers 8 kHz im Modulator M_1; das untere Seitenband zwischen 8 und 4 kHz wird durch das Filter F_1 herausgesiebt und dem zweiten Modulator M_2 zugeführt (Bandmodulation). Die Trägerfrequenzen der zweiten Stufe sind für die zwölf Kanäle verschieden. Sie liegen zwischen 20 und 64 kHz in 4 kHz Abstand. Für den ersten Sprechweg, der als Beispiel näher ausgeführt ist, beträgt die Trägerfrequenz 20 kHz. Die beiden Seitenbänder, die durch die Vorumsetzung um mehr als 8 kHz voneinander entfernt wurden, lassen sich nun bequem ohne Bandverlust trennen. Es wird auch hier das untere Seitenband ausgesiebt. Damit hat das Nachrichtenband seine endgültige Lage für die Fernübertragung gewonnen. Die weiteren Sprechwege werden nach dem gleichen Verfahren umgesetzt und gemeinsam dem Sendeverstärker zugeführt.

Die Empfangsrichtung ist entsprechend aufgebaut: nur werden jetzt die Modulationsstufen in umgekehrter

Reihenfolge durchlaufen. Die Trennung der einzelnen Sprechwege erfolgt erst roh in den Filtern F_2; die endgültige Aussiebung eines Nachrichtenbandes von den benachbarten findet in dem besonders trennscharfen Filter F_1 statt. Nach der Rückumsetzung durchlaufen die Sprechströme einen Niederfrequenzverstärker, der die Dämpfung der Modulationsstufen aufhebt und einen Entzerrer enthält, der die Randverzerrungen ausgleicht, die durch die Filter entstanden sind.

Rechts in Abb. 2 sind die Leitungsverstärker angedeutet. Sendeseitig bringt der gemeinsame Verstärker den Pegel der einzelnen Sprechwege auf seinen normalen für das Kabel gewählten Wert. Auf der Empfangsseite befindet sich ein gleichartiger Verstärker, der die Dämpfung des vorhergehenden Feldes aufhebt und dessen Entzerrer außerdem ihren Frequenzgang ausgleicht. Die Verstärker im Zuge der Fernleitung entsprechen dem Empfangsverstärker.

3. Aufbau der Geräte.

a. Frequenzumsetzer.

Die wichtigsten Teile der Frequenzumsetzer sind die Modulatoren und die Filter. Gibt man auf einen Stromkreis, der ein nichtlineares Element enthält, eine Trägerfrequenz Ω und eine Zeichenfrequenz ω, so entsteht bekanntlich neben den Vielfachen der beiden Frequenzen ein Spektrum von Summen- und Differenztönen. Erwünscht von allen diesen Frequenzen sind nur die beiden Seitenbänder $\Omega \pm \omega$. Durch Kombination von zwei nichtlinearen Stromkreisen ist es nun möglich, Gegentaktschaltungen aufzubauen, die einen Teil der unerwünschten Frequenzen, darunter vor allem die Trägerfrequenz, kompensieren.

Die Vermaschung von zwei Gegentaktschaltungen führt auf die höherwertigen Doppel-Gegentaktmodulatoren, von denen der Ringmodulator als übersichtliche, einfache Anordnung große Bedeutung in der Praxis erlangt hat. Beim Ringmodulator werden neben Träger- und Zeichenfrequenz praktisch alle störenden Klirrspektren unterdrückt [8].

Bei großer Trägeramplitude wirkt der Ringmodulator als nahezu verzerrungs- und verlustfreier Frequenzwandler und ist mit seiner Seitenbandbetriebsdämpfung von etwa 0,5 N (gegen 1,2 N bei Gegentaktmodulatoren) besonders vorteilhaft bei mehrstufigen Umsetzungen.

Der Modulator ist bildlich gesprochen das Herz eines Trägersystems. Es ist daher nicht verwunderlich, daß viel Entwicklungsarbeit für seinen wichtigsten Baustein, das nichtlineare Element, verwendet wurde. Zur Modulation dienen Trockengleichrichter, und zwar Kupferoxydulzellen. Ihr Widerstand ändert sich mit der Trägerspannung von wenigen Ohm im Durchlaßbereich bis zu einigen tausend Ohm im Sperrbereich; diese Werte sichern einen Modulationsvorgang, bei dem die Verluste in den Zellen praktisch vernachlässigbar sind.

Da der Ringmodulator eine mehrfache Brückenschaltung ist, deren Eigenschaften sich im Laufe der Zeit nicht verändern sollen, werden an die Konstanz und die Lebensdauer der Zellen bestimmte Anforderungen gestellt. Die Gleichrichter sind daher besonders sorgfältig gefertigt, so daß schädliche Einflüsse auf die Konstanz vermieden werden; man schließt sie luftdicht in ein Porzellanrohr ein und schützt sie dadurch vor nachträglichen äußeren Einflüssen. Abb. 3 zeigt die Ausführung der Zellen und ihren Einbau in einen Baukastenbecher.

Eine besondere Aufgabe des Modulators ist die Unterdrückung der Trägerfrequenz. Hinsichtlich der Anforderungen an die Gleichheit der Zellen scheint zunächst der Ringmodulator mit vier Zellen gegenüber dem Gegentaktmodulator mit zwei Zellen im Nachteil zu sein. Eine nähere Betrachtung zeigt jedoch, daß der Ringmodulator sogar etwas vorteilhafter ist. Setzt man nämlich aus einem Zellenmaterial mit bestimmter Streuung willkürlich Paare zusammen, so ergibt sich im Mittel ein bestimmter Trägerrest je Paar. Der Ringmodulator besteht jedoch aus zwei Paaren. Da sich nun die Seitenbandströme der Zellenpaare in jedem Fall unterstützen, die Trägerreste der beiden Zellenpaare jedoch ebenso oft in Phase wie gegenphasig sein werden, so ergibt sich beim Ringmodulator ungünstigstenfalls der gleiche, im Mittel aber ein größerer Pegelabstand des Trägerrestes vom Seitenband als bei Gegentaktschaltungen.

Abb. 3. Ansicht des Ringmodulators.

Die Aufgabe der Filter [9] besteht in der Hauptsache darin, das nicht gewünschte Seitenband zu unterdrücken oder die Sprechwege voneinander zu trennen. Die Dämpfung der Siebschaltungen muß also so hoch sein, daß in einem Sprechweg keine störenden Amplituden aus einem anderen auftreten können. Bei der Unterdrückung eines

——— Styroflexkondensator - - - - - Papierkondensator

Abb. 4. Dämpfungskurve des Vorumsetzerfilters.

Seitenbandes ist ferner zu beachten, daß das Filter auch dort noch eine gewisse Dämpfung aufweisen muß, wo ein fremder Kanal selbst nicht mehr gestört werden kann, da die Phasendifferenz zwischen dem Nutzband und den Resten des anderen Seitenbandes zu Restdämpfungsverzerrungen führen kann.

Bei dem beschriebenen U-System ist die Hauptselektion in das Bandfilter der Vorumsetzung F_1 gelegt. Die-

ser Filtertyp ist allen Kanälen gemeinsam. Im Hinblick auf die heute angestrebte Erweiterung des Übertragungsbereichs wurde das Filter so bemessen, daß das zur Verfügung stehende Frequenzband von 4 kHz möglichst gut ausgenutzt wird. Als Frequenzlage des Sprachbandes nach der Vorumsetzung wird der Bereich 4 bis 8 kHz gewählt, da dort die Anforderungen, die an die Spulen und Kondensatoren in bezug auf Konstanz und Verlust gestellt werden, leicht zu erfüllen sind. Das Filter besteht aus Ringkernspulen und Styroflexkondensatoren.

Die Dämpfungskurve im Durchlaßbereich und seiner Umgebung zeigt Abb. 4. Zur besseren Übersicht ist die Frequenzlage des Trägers und der beiden Seitenbänder eingezeichnet. Das Filter läßt das umgesetzte Sprachband von etwa 150 bis 3600 Hz nahezu verzerrungsfrei durch; lediglich im Randgebiet tritt eine Zusatzdämpfung von etwa 0,3 bzw. 0,15 N auf. Außerhalb des Durchlaßbereiches steigt die Dämpfung steil an. Aufschlußreich ist die gestrichelte Kurve, die den Verlauf der Filterdämpfung für den Fall darstellt, daß an Stelle der praktisch verlustfreien Styroflexkondensatoren Papierkondensatoren eingesetzt werden. Wie zu erwarten, ist dabei die Grunddämpfung etwas größer geworden, ein Verlust, dem jedoch keine besondere Bedeutung zukommt; wesentlich ist aber, daß die Verzerrungen an den Kanten sich etwa verdoppelt haben. Da im Zuge der Übertragung das Filter zweimal vorkommt, ist es besonders vorteilhaft, Styroflexkondensatoren zu verwenden, zumal auch ihre zeitliche Konstanz die der Papierkondensatoren erheblich übertrifft.

Abb. 5. Ansicht des Vorumsetzerfilters.

Den mechanischen Aufbau des Filters bringt die Abb. 5. Das Filter ist in drei Bechern für normale Baukästen untergebracht. Eine Ringkernspule und zwei Styroflexkondensatoren sind im Vordergrund zu sehen. Man erkennt, daß die Styroflexkondensatoren zur Erhöhung ihrer Konstanz luftdicht eingelötet sind.

Für die Aussiebung des Seitenbandes bei der zweiten Umsetzung dienen die Bandfilter F_2. Bei dieser Modulation sind die Trägerfrequenzen verschieden; entsprechend ergeben sich zwölf verschiedene Frequenzbereiche. Da die zu trennenden Seitenbänder nach der Vormodulation schon um $2 \cdot 4 = 8$ Hz auseinanderliegen, ist der Dämpfungsverlauf hier flacher als beim Vormodulationsfilter; daher kann eine Beeinträchtigung des Nachrichtenbandes vollkommen vermieden werden. Aus Abb. 6 ist der flachere Verlauf der Dämpfungskurve deutlich zu erkennen, ebenso der breite Durchlaßbereich, der das Nutzband ohne Verzerrung überträgt.

Da der Frequenzbereich höher und die absolute Bandbreite größer ist, sind die Anforderungen an die Bauelemente andere als beim Vormodulationsfilter. Es sind z. B. die Werte für Induktivität und Kapazität kleiner, auch sind für die Spulen kleinere Zeitkonstanten zulässig. Das macht sich in dem Aufbau der Einzelteile bemerkbar: kleine abgeschirmte Topfkernspulen, die leicht abzustimmen sind, und Glimmerkondensatoren, die nur einen geringen Raumbedarf haben. Letztere sind zur Erhöhung ihrer Konstanz eingelötet. Räumlich beansprucht ein solches Filter etwa die Hälfte des Platzes eines Vorumsetzerfilters.

Abb. 6. Dämpfungskurve des Bandumsetzerfilters.

Die Modulatoren und Filter bestimmen die Eigenschaften des Einzelkanals: seine Dynamik, seinen Übertragungsbereich und seine Laufzeitkurve. Abb. 7 zeigt eine Messung über zwei Endgeräte im Kurzschluß. Die Meßströme haben dabei die Sendeseite des Frequenzumsetzers, den Sendegruppenverstärker und die Empfangsseite des Frequenzumsetzers einschließlich des zugehörigen Kanalverstärkers durchlaufen. Der angestrebte Übertragungsbereich von 150 bis 3600 Hz wird nahezu verzerrungsfrei übertragen. Bei den tiefen Frequenzen ist sogar noch eine gewisse Reserve vorhanden. Das Übertragungssystem genügt also sehr weitgehenden Ansprüchen an die Sprachgüte. Auf dem unteren Teil des Bildes ist die Laufzeitkurve dargestellt. In der Bandmitte beträgt die Laufzeit etwa 1,2 ms und nimmt nach dem Kanten, z. B. bei 200 Hz auf etwa 3,4 ms und bei 3600 Hz auf etwa 4 ms zu. Sowohl die Dämpfungs- als auch die Laufzeitverzerrungen sind so klein, daß mehrere Systeme unbedenklich in Reihe geschaltet werden können.

Abb. 7. Dämpfung und Laufzeit eines Kanals der Endgeräte.

b. Trägerstromversorgung.

Die Trägerfrequenzen des U-Systems sind durchweg ganze Vielfache der Grundfrequenz 4 kHz (vgl. Abb. 2). Es ist also möglich, die Trägerfrequenzen durch Vervielfachung der Grundfrequenz zu gewinnen. Eine andere

Lösung würde darin bestehen, die Träger in Einzelgeneratoren zu erzeugen. Welche von diesen beiden Möglichkeiten zweckmäßig ist, hängt von der Größe der zu speisenden Ämter ab sowie von der Betriebssicherheit, mit der die Anlage ausgerüstet werden soll.

Bei kleinen Ämtern, zu denen vielleicht im Grenzfall nur ein einziges U-System gehört, ist der Bedarf an Trägerleistung nur gering. Hier ist eine Vervielfachungseinrichtung am Platze, bei der die einzelnen Träger aus einer gemeinsamen Quelle ausgesiebt und den Umsetzern unmittelbar zugeführt werden; lediglich für die 8 kHz-Träger der Vorumsetzung ist ein Verstärker erforderlich. Bei zunehmender Zahl der U-Systeme in einem Amt wird schließlich die zur Verfügung stehende Leistung der einzelnen Träger nicht mehr ausreichen; je Träger wird ein Verstärker erforderlich. Wenn aber schon Röhren gebraucht werden, dann wird es zweckmäßig sein, sie zur Schwingungserzeugung zu verwenden, denn durch die selbständige Erzeugung der einzelnen Träger wird die Betriebssicherheit der Anlage erhöht.

a Quarzgenerator
b Grundgenerator
c Generatorsatz
A Steuergenerator
B Vervielfacher
M Modulator
D Demodulator

Abb. 8. Trägerversorgung für das 12-Kanal-U-System.

Nach diesen Gesichtspunkten ist die in Abb. 8 dargestellte Trägerversorgung aufgebaut: sie umfaßt eine Vervielfachungseinrichtung und einen Generatorsatz. Bei kleinen Ämtern ist nur der Vervielfacher vorhanden. Die großen Ämter speist der Generatorsatz; seine Frequenzen werden in diesem Falle vom Vervielfacher aus überwacht und mitgezogen, wodurch die Gewähr dafür gegeben ist, daß alle Träger genaue Vielfache der Grundfrequenz sind.

Das frequenzbestimmende Element des Vervielfachers ist ein Quarzkristall. Es bereitet gewisse Schwierigkeiten, einen Quarzgenerator für die unmittelbare Erzeugung von 4 kHz zu bauen. Da es verhältnismäßig einfach ist, höhere Frequenzen zu teilen, wurde bei der derzeitigen Versuchsausführung ein Steuerquarz für 72 kHz gewählt. Diese Frequenz wird, wie später noch erläutert, in 4 kHz umgewandelt und zieht den eigentlichen Grundgenerator von 4 kHz mit. Die Stromkurve dieses Generators wird mit Hilfe einer Eisendrossel verzerrt, so daß die ungeradzahligen Oberwellen entstehen. Nach Verstärkung werden diese Oberwellen durch eine Reihe von Filtern herausgesiebt und stehen für die Trägerstromversorgung zur Verfügung. Die geradzahligen Oberwellen werden aus den ungeradzahligen durch Gleichrichtung gewonnen. Sie werden ebenfalls verstärkt und über Filter verteilt. Ein Entzerrer hinter der Eisendrossel sorgt dafür, daß die verschiedenen Oberwellen dem Verstärker mit etwa gleicher Amplitude zugeführt werden.

Eine bestimmte Oberwelle, nämlich die Frequenz 68 kHz, dient zur Frequenzteilung der steuernden 72 kHz. Diese beiden Frequenzen werden einem Modulator *M* zugeführt; das dort gewonnene untere Seitenband von 4 kHz zieht den Grundgenerator mit. Die Anlage kann nur dann ein stabiles Verhalten zeigen, wenn das Frequenzverhältnis zwischen Steuergenerator und 4 kHz-Generator wie 72 : 4 ist. Damit sind alle einzelnen Frequenzen auf den Steuergenerator zurückgeführt. Seine Frequenzkonstanz ist durch den Quarzkristall gegeben. Verwendet wird ein Quarzstäbchen in den Ausmaßen von 38,5×4×1,8 mm. Zur Herstellung der Elektroden sind zwei Quarzflächen metallisiert. Das Stäbchen wird durch Einspannen in der Symmetrielinie gehalten. Der Temperaturkoeffizient dieses Quarzes ist kleiner als 10^{-6} Hz je ° C. Durch Einschmelzen in eine Glashülle ist der Quarzkristall gegen äußere Einflüsse, wie Änderungen der Feuchtigkeit, Schwankungen des Luftdruckes usw. geschützt.

Normalerweise zieht der Vervielfacher den Generatorsatz mit, wodurch auch dessen Frequenzen festliegen. Immerhin muß dafür gesorgt werden, daß auch die Konstanz der Einzelgeneratoren genügend hoch ist. Einmal muß verhindert werden, daß ihre Eigenfrequenzen aus dem Mitziehbereich laufen, zum zweiten dürfen diese nur um so viel von ihrem Sollwert abweichen, daß störende Frequenzsprünge bei einem Ausfall des Vervielfachers mit Sicherheit vermieden werden. Bestimmend für die Frequenzkonstanz ist der Schwingkreis im Rückkopplungsweg des Generators, der aus Spule und Kondensator gebildet wird. Um Temperatureinflüsse weitgehend auszuschalten, ist der Temperaturkoeffizient der Spule von entgegengesetzten Vorzeichen wie der des Kondensators. Für den ganzen Schwingkreis sind Temperaturkoeffizienten von etwa 10^{-5} je ° C erreichbar. Durch besondere Maßnahmen gelingt es, diese Generatoren bezüglich der Frequenz weitgehend unabhängig von den Betriebsspannungsschwankungen zu machen. Eine Änderung der Anodenspannung um etwa 2 %, wie sie durch die Toleranz der Spannungsregler bedingt ist, bringt auch bei der höchsten Frequenz von 64 kHz nur eine Frequenzverstimmung, die kleiner ist als 1 Hz. Auch ein Auswechseln der Röhren bewirkt nur eine Frequenzänderung in der Größenordnung von etwa 1 Hz.

Von der Betriebssicherheit der Trägerstromversorgung hängt diejenige einer großen Anzahl von Gesprächen ab. Bei 20 Systemen sind es immerhin 240 Gespräche. Aus diesem Grunde sind alle Generatoren mit zwei parallelgeschalteten Röhren ausgerüstet. Brennt der Heizfaden eines Rohres durch, so reicht die Leistung des verbleibenden Rohres noch aus, um die volle vorgesehene Anzahl von Modulatoren zu speisen. Tritt eine Störung im Vielfachgenerator ein, so schwingen die Generatoren, wenn auch mit verminderter, so doch mit ausreichender Genauigkeit weiter, und eine Betriebsstörung wird vermieden.

Für ein kleineres Amt reicht die Leistung, die der Vervielfacher liefert, auch dann aus, wenn mehrere Systeme vorhanden sind. Rüstet man auch hier den Vervielfacher mit Ersatzröhren aus, so bleibt nur noch der seltene Störungsfall übrig, daß eine grobe mechanische Beschädigung eintritt. Es wird ausreichen, dafür einen 4 kHz-Generator in Reserve zu halten.

Ferner ist noch eine Vorrichtung vorgesehen, die während des Betriebes die Eigenfrequenz der einzelnen Generatoren zu überwachen gestattet.

c. Verstärker.

Ein wichtiger Teil des U-Systems ist der Verstärker für die zwölf Kanäle. An ihn wird eine Reihe von Forderungen gestellt: Die Anforderungen an den Übertragungsbereich und die Verstärkung sind im allgemeinen leicht zu erfüllen; es bedurfte jedoch besonderer Entwicklungsarbeit, um auch den übrigen Bedingungen zu genügen: der Verstärker darf bei gleichzeitigem Fernsprechbetrieb in allen zwölf Sprechwegen nicht übersteuert werden, und sein Klirrfaktor muß unter allen Betriebsbedingungen so klein sein, daß eine gegenseitige Störung der Kanäle nicht eintritt. Ferner muß, da infolge des Verstärkerabstandes von 35 km für längere Verbindungen eine große Zahl von Verstärkern in Reihe geschaltet wird, die zeitliche Konstanz der Verstärkung sehr groß sein.

Abb. 9. Grundsätzliches Schaltbild des U-Verstärkers.

Das grundsätzliche Schaltbild des Verstärkers zeigt Abb. 9. Der Verstärker enthält drei Mehrgitterröhren und ist zur Linearisierung gegengekoppelt. Die Rückführung einer Ausgangsspannung auf den Verstärkereingang in Gegenphase bewirkt zwar eine Verminderung der Verstärkung, ergibt jedoch gleichzeitig auch eine Verminderung der im Verstärker entstehenden Klirrspannungen und sonstiger Störspannungen wie Röhrenrauschen und Geräusche aus der Stromversorgung. Gleichzeitig wird eine weitgehende Unabhängigkeit der Verstärkungshöhe von den Röhreneigenschaften und von den Betriebsspannungen erzielt. Je eine Brückenschaltung am Eingang und am Ausgang des Verstärkers machen die Gegenkopplung unabhängig von den abschließenden Scheinwiderständen [10, 11].

Die Verstärkung des U-Verstärkers, die im Bereich von 12 bis 60 kHz frequenzunabhängig ist, beträgt für normale Feldlängen etwa 6 N; sie wird im Stromkreis der Gegenkopplung geregelt und kann von etwa 5,2 bis 7,2 N in Stufen zu 0,1 N eingestellt werden. Die Ausgangsleistung des Verstärkers beträgt etwa 1 W. Plangemäß war je Kanal ein Leistungspegel von + 0,5 N vorgesehen, hierbei ist die Klirrdämpfung größer als 8,5 N für die zweite und größer als 10,5 N für die dritte Oberwelle.

Die Natur der Sprachschwingung und die verschiedenen zusätzlichen Nebenbedingungen bringen es mit sich, daß die genaue Angabe der notwendigen Leistung und des zulässigen Klirrfaktors für einen Verstärker für 12 Sprachkanäle kaum möglich ist. Nur auf Grund von Wahrscheinlichkeitsrechnungen kann man zu Abschätzungen kommen. Die Verstärker wurden daher zunächst in einem größeren Laboratoriumsversuch erprobt. Bis zu 20 Verstärkern, entsprechend einer Leitungslänge von 700 km wurden über Eichleitungen in Reihe geschaltet und als künstliche Fernleitung zwischen zwei Endämtern eingefügt. Nun wurde in verschiedenen Kanälen gesprochen und das Geräusch in einem unbesprochenen Kanal beobachtet. Die Aussteuerung des Verstärkers wurde dabei weitgehend verändert. Es zeigte sich, daß auch bei einem Sendepegel von + 1,5 je Kanal noch kein unzulässig starkes Geräusch auftrat.

Noch ein weiterer Versuch wurde im Laboratorium durchgeführt. Es wurden 30 Verstärker entsprechend einer Leitungslänge von etwa 1000 km in Reihe geschaltet und die Konstanz der Verstärkung beobachtet. In den ersten drei Stunden änderte sich die Gesamtverstärkung von rd. 200 N um knapp 0,1 N und blieb dann während der nächsten sechs Stunden Beobachtungszeit auf etwa 0,01 N konstant. Das ergibt auch für weit längere Verbindungen eine mehr als ausreichende Konstanz. Die Netzspannung der Stromversorgungsgeräte wurde während dieses Versuchs auf etwa ± 5 % konstant gehalten.

d. Entzerrung.

Bei der Versuchsstrecke Berlin – Leipzig wurde die Frage der Entzerrung folgendermaßen gelöst. Die Dämpfung des Kabels für ein Feld von 35 km steigt etwa linear von 2,8 N bei 12 kHz auf 5,5 N bei 60 kHz. Der Verstärkungsverlauf des Verstärkers selber ist praktisch frequenzunabhängig. Vor dem eigentlichen Verstärkerteil sind nun Entzerrer-Vierpole eingebaut. Zunächst ein Hauptentzerrer, dessen Dämpfungsverlauf den größten Teil der Verzerrung aufhebt. Weitere Vierpole gestatten die Entzerrungskurve in Stufen von 0,2 N bei 12 kHz, um den Drehpunkt bei 60 kHz zu schwenken und sich so dem genauen Verlauf der Kabeldämpfung besser anzupassen. Schließlich ist noch eine Feinstufe von 0,1 N vorgesehen.

Abb. 10. Ansicht der Endeinrichtungen.

Für lange Strecken bleibt freilich die so eingestellte Restdämpfung für längere Zeit nicht konstant. Die Ursache ist die Dämpfungsänderung der Kabel infolge Temperaturschwankungen. Eine Temperaturerhöhung von 1 °C erhöht die Dämpfung um rd. 0,2 %. Das bedeutet für die Strecke Berlin – Leipzig rd. 0,1 N je °C. Da die Temperaturschwankungen eines in der Erde verlegten Kabels gering sind und nur langsam erfolgen, war diese Frage für den Versuch Berlin – Leipzig nicht von großer Bedeutung. Für längere Strecken tritt sie aber mehr in den Vordergrund. Es wird sich dann empfehlen, das U-System mit einer selbsttätigen Pegelhaltung auszurüsten. Versuche zu dieser Frage sind zur Zeit im Gange.

4. Gestellaufbau.

Abb. 10 zeigt die 4 Gestelle eines Endamtes, die die Frequenzumsetzer für 2 U-Systeme enthalten. Die Geräte für 6 Sprechwege sind auf einem Gestell untergebracht. Je Sprechweg sind 2½ Baukästen belegt; ein Baukasten je Richtung für die Umsetzung und ein halber für den Empfangsverstärker. Entsprechend ist das ganze Gestell bestückt. Durch die Eigenart der zweistufigen Umsetzung ist eine weitgehende Typisierung der Geräte ermöglicht worden. Alle Frequenzumsetzer sind gleich, sowohl in der Konstruktion als auch — mit Ausnahme des Filters der

zweiten Umsetzung, das nur einen verhältnismäßig kleinen Teil darstellt — in allen ihren elektrischen Daten. Das ganz rechts auf dem Bild sichtbare Gestell enthält die Gabeln.

In Abb. 11 ist die Vervielfachungseinrichtung dargestellt. Oberhalb des Schaltfeldes sind der 72 kHz-Generator mit dem Quarz und der 4 kHz-Generator eingebaut; darüber befinden sich die Verstärker für die gerad- und die ungeradzahligen Oberwellen. Unter der Tischplatte sind die Filter montiert.

In Abb. 12 ist auf dem linken Gestell der Generatorsatz ersichtlich: oben die 12 Generatoren für die verschiedenen Träger, darunter der 8 kHz-Betriebs- und Reservegenerator; unter der Tischplatte der 8 kHz-Betriebs- und Reserveträgerverstärker.

Das rechts daneben befindliche Gestell enthält die Leitungsverstärker und ihr Zubehör für zwei U-Systeme. Dieser Gestelltyp ist auch auf allen Zwischenämtern mit gleicher Bestückung vorhanden. Je drei Baukästen bilden den Verstärkersatz für ein U-System: je Richtung ein Baukasten mit dem Dreiröhrenverstärker, dazwischen ein Baukasten mit den beiden Entzerrern. Unten befinden sich die Netzanschlußgeräte.

Für den Streckenversuch ist auf diesem Verstärkergestell oberhalb des Schaltfeldes eine einfache Röhrenprüfeinrichtung untergebracht. Bei einem Verstärker mit Gegenkopplung ist ein Nachlassen der Verstärkung einer einzelnen Röhre nicht am Absinken der Gesamtverstärkung zu bemerken, da diese durch die Gegenkopplung selbsttätig konstant gehalten wird. Die Verstärkung einer einzelnen Röhre muß also von Zeit zu Zeit geprüft werden.

Abb. 11. Vielfachgenerator.

Abb. 12. Ansicht der Generator- und Verstärker-Gestelle.

Die Abb. 10 bis 12 zeigen die Geräte, wie sie für den Streckenversuch eingesetzt wurden. Inzwischen ist eine Neukonstruktion in Arbeit, die bei gleichen guten Übertragungseigenschaften des Systems eine wesentliche Raumersparnis ergibt. Soweit sie die Endeinrichtungen betrifft, gibt Abb. 13 davon eine Vorstellung. Links ist das Frequenzumsetzergestell dargestellt; es umfaßt zwölf Sprechwege. Sende- und Empfangsseite eines Umsetzers sind in einem Baukasten vereinigt worden; seine Breite beträgt 660 mm, das für Trägersysteme übliche Maß. Je zwei Kanalverstärker sind wie bisher in einem Baukasten untergebracht; für zwei Sprechwege sind also drei Baueinheiten belegt. Um zwölf Sprechwege einrichten zu können, sind die Gestelle bis oben hin bestückt; die bisher dort befindlichen Sicherungen usw. sind in das Schaltfeld versetzt worden.

Das Gestell rechts vereinigt den Vervielfacher und den Generatorsatz: unten die zwölf Generatoren, oberhalb des Schaltfeldes eine Prüfeinrichtung, darüber die Geräte des Vervielfachers und schließlich die 8 kHz-Trägerversorgung.

Bei den Zwischenverstärkergestellen werden auch weiterhin drei Einheiten für ein System belegt. Die Gestellbestückung erfolgt jedoch in anderer Weise, da die Netzanschlußgeräte fortfallen.

5. Versuchsergebnisse.

Mit diesen Geräten, 2 Endämtern zu je 2 × 12 Gesprächen, 8 Zwischenämtern mit je 2 Zwischenverstärkern, wurde nun die Strecke Berlin - Leipzig ausgerüstet. Zunächst wurde die eigentliche Fernstrecke, die 9 Verstärkerfelder enthält, eingepegelt und entzerrt. Abb. 14 zeigt den Dämpfungsverlauf. Obwohl die Entzerrer nur nach rechnerischen Unterlagen gebaut waren, ließ sich die Dämpfung der einzelnen Felder gut ausgleichen. Nach Einbau eines einfachen Systementzerrers konnte erreicht werden, daß für die Gesamtstrecke die Abweichungen von einer mittleren Linie nur etwa ± 0,05 N betragen. Diese Abweichungen sind so klein und verteilen sich auf einen so breiten Frequenzbereich, daß sie die Restdämpfungskurve der Einzelkanäle, von denen jeder nur 3,4 Hz breit ist, praktisch nicht beeinflussen.

Die ausgezogene Kurve in Abb. 15 zeigt ein Beispiel für den Restdämpfungsverlauf der Einzelkanäle. Bis auf den Verlauf bei tiefen Frequenzen gleicht sie der Kurzschlußkurve. Diese Abweichungen sind auf den Einfluß der angeschalteten niederfrequenten Verbindungsleitungen und auf die Fernplätze zurückzuführen. Aufgabe der weiteren Entwicklung wäre es, diese zusätzliche Einschränkung des Frequenzbereiches zu beseitigen. Immerhin ist die Verzerrung selbst bei 150 Hz gering und beträgt wenige Zehntel N. Der vom CCI vorgeschlagene Übertragungsbereich von 300 bis 3400 Hz wird weit überschritten, und die zulässigen Toleranzen werden bei weitem nicht ausgenutzt.

Die Restdämpfungskurven der verschiedenen Kanäle eines Systems liegen außerordentlich gleichmäßig; das zeigen die gestrichelten Kurven der Abb. 15, die die Grenze des Streubereiches angeben. Im vom CCI vorgeschlagenen Frequenzband sind Abweichungen der einzelnen Kurven gegeneinander von nur 0,1 N vorhanden. Man sieht, daß das Ziel, auch bei Reihenschaltung mehrerer U-Systeme eine gute Restdämpfungskurve zu erlangen, erreicht ist.

Außer den Restdämpfungskurven wurden die Laufzeitkurven gemessen. Auch hier ist der Unterschied gegenüber der Kurzschlußkurve gering. Es ist im wesent-

lichen zu der Kurzschlußkurve die im Bereich eines Kanals praktisch konstante Laufzeit der Fernstrecke von etwa 1,5 ms hinzuzufügen. Wurde auf einzelnen Kanälen gesprochen, so waren Klirrtöne infolge Nichtlinearität der Verstärker in den unbesprochenen Kanälen nicht wahrnehmbar.

Abb. 13. Neuentwurf der Endgeräte.

Abb. 14. Dämpfungsverlauf der Versuchsfernstrecke.

Die Geräuschspannung an den Fernplätzen, hervorgerufen durch Röhrenrauschen, Störgeräusch aus der Stromversorgung oder durch sonstige Außenstörungen, betrug 0,3 bis 0,6 mV bei einem Sendepegel von + 0,5. Bei einer Erhöhung des Sendepegels auf + 1 gingen die Störgeräusche entsprechend zurück, eine merkbare Erhöhung der Geräuschspannung infolge der höheren Aussteuerung der Verstärker trat nicht ein. Weitere Versuche über nichtlineares Nebensprechen und Geräusche sind zur Zeit im Gange. Aber bereits aus den bisherigen Ergebnissen läßt sich sagen, daß mit einem U-System Entfernungen von mehreren tausend Kilometern einwandfrei überbrückt werden können. 12 Kanäle wurden dem Betrieb übergeben und damit ihrer letzten Erprobung zugeführt.

---- Streubereich, bezogen auf 800 Hz (12 Kanäle)

Abb. 15. Restdämpfung Berlin—Leipzig. Fernplatz — Fernplatz.

Zusammenfassung.

Auf unbelastete Aderpaare der Strecke Berlin–Leipzig wurden zwei Trägerstromsysteme zu je zwölf Sprechwegen im Bereich von 12 bis 60 kHz eingesetzt. Die Endgeräte sind für den erweiterten Übertragungsbereich von 200 bis 3600 Hz eingerichtet. Die Sprechströme werden in zwei Stufen mittels Cu_2O-Ringmodulatoren umgesetzt; die Siebe sind in der üblichen Technik mit Eisenspulen und Styroflex- oder Glimmerkondensatoren ausgestattet. Die Verstärker enthalten Mehrgitterröhren und sind durch Gegenkopplung weitgehend linearisiert. Die Messungen an den Geräten für sich sowie auf der Strecke bestätigen die Erwartungen, daß das U-System ein hochwertiges Fernsprechsystem für mittlere und größere Entfernung darstellt.

Aus dem Schrifttum:

1. Jb. elektr. Fernmeldewes. Jahrgänge 1937 und 1938. In verschiedenen Aufsätzen wird dort die Entwicklung der Übertragungstechnik eingehend behandelt und dabei auf frühere Arbeiten verwiesen.
2. Düll, Europ. Fernsprechdienst (1939) 51. Flg., S. 43.
3. H. F. Mayer u. D. Thierbach, Europ. Fernsprechdienst (1938) 48. Flg., S. 6.
4. M. Kluge, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 192.
5. CCIF, Oslo 1938 Dok 72 Teil I.
6. A. Schmid, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 185.
7. G. Häßler, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 188.
8. A. Schmid, Diss. T. H. Berlin 1936, Siemens-Veröff. Nachr. Techn. 6 (1936) S. 145.
9. R. Feldtkeller, Einführung in die Siebschaltungstheorie der elektrischen Nachrichtentechnik, Verlag Hirzel, Leipzig 1939. Hinweise auf das umfangreiche Schrifttum auf diesem Gebiet.
10. H. Werrmann, VDE-Fachber. 9 (1937) S. 220.
11. H. Werrmann, Hausmitt. Telefunken, November (1937). Umfassende Angaben über das Schrifttum.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Postrat Dipl.-Ing. R. Fernau, Berlin-Steglitz, Siemensstr. 2.
G. Keller VDE, Berlin-Haselhorst, Burscheiderweg 8 g.
Postrat Dr. H. Klewe VDE, Berlin-Niederschönhausen, Kaiserweg 63.
Dr.-Ing. K. Reche, Berlin-Siemensstadt, Quellweg 56.
Dr.-Ing. A. Schmid, Berlin-Siemensstadt, Rieppelstr. 4.
Dr.-Ing. D. Thierbach, Berlin-Spandau, Moritzstr. 11.

Abschluß des Heftes: 16. Juni 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 29. Juni 1939 | Heft 26

Die 41. Mitgliederversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker im NSBDT. in Wien.

Zum ersten Male tagte der VDE in der Ostmark. Wenn auch die Verbindung zwischen dem ehemaligen Elektrotechnischen Verein in Wien und dem VDE immer eine sehr enge gewesen ist, und z. B. 1929 die Mitgliederversammlung des VDE in Aachen nach Wien fernübertragen wurde, so haben doch die Jahre nach dem Umbruch im Altreich, wie Herr Baurat Jiretz bei der Begrüßung namens der Gauwaltung Wien der Fachgruppe Energiewissenschaft des NSBDT. zum Vortragsabend am Mittwoch, dem 31. Mai 1939, ausführte, selbst eine solche bescheidene Teilnahme unmöglich gemacht, bis auch hier der Führer durch sein Eingreifen der ungesunden und widernatürlichen Abtrennung ein Ende bereitete. Die großen Aufgaben, die dem Ingenieur und Techniker im Großdeutschen Reich gestellt sind, fordern eine ganz andere Einstellung zum Beruf als es früher oft der Fall war, und so wurde mit Recht an den Anfang der Tagung ein weltanschaulicher Vortrag gestellt, den SA.-Gruppenführer Giesler hielt.

Phot. Franz Thim, Wien.

Vorstandsratsitzung im Magistratssitzungssaal des Rathauses.

Noch einmal erinnerte der Redner an das große Geschehen, das die Ostmark wieder mit dem Altreich vereinte und an die Verpflichtung, die sich für jeden einzelnen von uns ergibt: zu dienen und zu opfern. Leben, das nur der Arbeit schlechthin gilt, ohne ihren tieferen Sinn zu kennen, verdiene nicht gelebt zu werden. Und so müsse auch die Arbeit des Ingenieurs unter der mitreißenden Kraft der Idee stehen. Wenn der Krieg 1914 einem innerlich kraftlosen Zeitabschnitt ein Ende bereitete und nach langen Wirren eine Zeit angebrochen ist, die ganze Menschen mit festem Einsatzwillen braucht, so sollten wir über dem großen Geschehen die kleinen Mängel vergessen, wie wir es im engsten Kreise stets zu tun bereit sind, und unsere ganze Kraft für die Aufgaben einsetzen, die der Führer uns gestellt hat. SA.-Gruppenführer Giesler berichtete über ernste Worte, die der Führer zu seinem fünfzigsten Geburtstag zu einem kleinen Kreise gesprochen habe; wie er ausgeführt habe, daß er noch viele Wünsche habe, deren Er-

füllung er noch zu erleben wünsche, und noch vieles sehen möchte, was fertig werden müsse, solange er noch lebe. Und diese Wünsche des größten Deutschen zu erfüllen, ihm die Treue durch die Tat zu beweisen, soll der Leitstern für alle unsere Arbeit sein.

Am 1. Juni wurde dann die fachliche Arbeit in den einzelnen Gruppen aufgenommen. Die Herren Einführenden werden selbst in kurzen Berichten[1]) aus der Arbeit der von ihnen betreuten Gruppen berichten. Ganz allgemein wurde es sehr begrüßt, daß diesmal die Zeit für die einzelnen Vorträge reichlicher bemessen worden ist, als dies bislang der Fall gewesen ist. Die Vorträge haben dadurch sichtlich gewonnen und auch für die Aussprache hat mehr Zeit zur Verfügung gestanden.

Im Mittelpunkt der Tagung stand die Mitgliederversammlung im Konzerthaus mit der Begrüßungsansprache des Vorsitzenden des VDE, Herrn Direktor Dr.-Ing. Karl Rißmüller, den Ansprachen von Vertretern aus Partei und Staat, Wehrmacht und Wissenschaft, einer kurzen Ergänzung des bereits veröffentlichten Geschäftsberichtes[2]) durch die Geschäftsführung des VDE und dem Hauptvortrag von Herrn Professor Dr.-Ing. Ramsauer über „Elektronen- und Ionenströme in der Technik". Nach einem einleitenden Orgelvortrag begrüßte der Vorsitzende namens des VDE die Herren Vertreter der Partei und ihrer Gliederungen, der Reichsbehörden, der Wehrmacht, Wissenschaft, Wirtschaft, Industrie, Handel und Handwerk und der befreundeten Verbände. Ganz besonders galt sein Gruß den Berufskameraden aus dem Sudetengau, die erstmalig in den Reihen des VDE willkommen geheißen werden konnten. Ehrend gedachte er der Toten, die seit der Kölner Tagung dem Verband entrissen worden sind.

Mit der Nennung der Namen Auer von Welsbach, Ernst Lecher, Stephan und Boltzmann wies er auf die Bedeutung der Ostmark für die deutsche Elektrotechnik hin; von ihnen war Stephan als erster Vorsitzender des 1883 gegründeten Elektrotechnischen Vereins in Wien auch äußerlich eng mit dem VDE verbunden, als dessen Angehöriger sich der Elektrotechnische Verein in Wien wohl immer gefühlt hat. Im März dieses Jahres konnten wir die 150. Wiederkehr des Geburtstages eines großen Pioniers der Elektrotechnik, Georg Simon Ohm, eines Sohnes des Altreichs, feiern, und daran anknüpfend kam der Vorsitzende auf einen Mangel in der Würdigung technischen Schaffens zu sprechen:

Der unaufhaltsame Drang der Technik nach Neuem, immer Verbessertem, die Erschließung stets weiterer Möglichkeiten und Anwendungen läßt den Ingenieur leider wenig Zeit finden, um Rückschau zu halten auf die Taten unserer Großen der Technik. Wir haben eine stolze technische Tradition, reich an Persönlichkeiten großen Formats und groß an Taten im Dienst der menschlichen Kultur. Aber nicht nur die Vergangenheit entschwindet leider schnell dem Bewußtsein, es ist sogar schwer für uns schnellebende Menschen, die technische Gegenwart festzuhalten und zu verankern. Nur wenige große technische Errungenschaften lenken kurz die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit auf sich. Die Inbetriebssetzung einer riesigen Maschine, die eines Großkraftwerkes, man spricht heute über Tausende von Kilometern, man nimmt am Fernsehgerät am zeitlichen Geschehen teil, um einige Beispiele aus unserem Arbeitsgebiet zu nennen; sie alle lenken nur kurz die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich. Aber dann wird es still. Das Imposante ist schnell tägliches Allgemeingut geworden. Wer denkt denn noch an die gewaltige Arbeit des schöpferischen Ingenieurs, dessen Geist dies alles ersann, wer denkt an die Konstruktionen, nach denen zahlreiche, fleißige und geschickte Hände das Werk erstehen ließen? Nehmen wir das erreichte Ziel nicht gar zu leicht als etwas Selbstverständliches hin? Und vergessen wir nicht über dieser falsch verstandenen Selbstverständlichkeit, daß immer wirkendes Neuschaffen, selbst an den Gütern und Werken, die schon in den Alltag eingegangen sind, notwendig ist.

Das technische Schaffen hat als wichtiges Merkmal in vielen Fällen die Gemeinschaftsarbeit. Oft entsteht eine technische Anwendung nicht durch eine einzige Erfindungsidee, sondern durch die schöpferischen Leistungen einer großen Anzahl von Ingenieuren, wie der Vorsitzende in seinen Ausführungen an Hand von Beispielen nachwies, um fortzufahren:

Ich könnte noch eine Vielzahl solcher Beispiele nennen, die Zeugnis ablegen von dem Ausmaß der Arbeit des schöpferischen Ingenieurs, und die den nimmermüden Schaffensdrang des erfinderischen und gestaltenden Technikers erkennen lassen. Nur zu leicht geht diese Erkenntnis im Getriebe des Alltags und dem Tempo der Zeit unter, und schnell verklingen die Namen der Männer, die still und unbeachtet Maschinen und Apparate geschaffen, zu wirksamem, ungestörtem Einsatz, zum Nutzen der Allgemeinheit.

Wir aber wollen uns dieses unseres Schaffens bewußt sein und nicht müde werden, das von unseren Pionieren und Vorgängern in der Elektrotechnik ererbte Gut zu mehren. Gestützt auf eine große technische Tradition und, heute mehr denn je, erfüllt von dem Gedanken schöpferischer, aufbauender Tätigkeit bekennen wir:

„Wir sind stolz, Ingenieure zu sein".

Zum Schluß seiner Ausführungen nahm der Vorsitzende noch ausführlich zur Nachwuchsfrage Stellung:

Das Bewußtsein, Träger einer technischen Zukunft und verantwortlich für deren Gestaltung zu sein, legt aber auch die Verpflichtung auf, Vorschau zu halten.

Die in den letzten Jahren betriebene Werbung für vermehrte Ergreifung der Ingenieurberufe kommt zu einer Zeit, in der befähigten jungen Menschen zahlreiche Berufswege offenstehen. Einige von diesen versprechen bei gleicher Begabung befriedigende Lebensaussichten mit einem geringeren Aufwand an Zeit und Mitteln. Wer zur Technik kommt, muß deshalb schon mehr als ein bloßes Interesse mitbringen, nämlich den Willen zur Leistung und die Freude an der kämpferischen Durchsetzung im Wettbewerb.

Als das Nachwuchsproblem als solches in Erscheinung zu treten begann und der Mangel an technisch ausreichend Vorgebildeten Abhilfe erforderte, machte sich zunächst das Fehlen einer geordneten Reichsübersicht der Ingenieure und ihres Einsatzes bemerkbar. Dieser Umstand führte zur Schaffung der bisher nicht vorhandenen Ingenieurstatistik, die eine zahlenmäßige Erfassung aller in Deutschland Ingenieurarbeit leistenden Kräfte zum Ziel hat. So wurden Entwicklungsreihen und Gesetzmäßigkeiten erkannt, über die sich bisher nur wenige in der Praxis Gedanken gemacht hatten.

Betrachtet man die Zahlen, die den ungedeckten Bedarf in den einzelnen Fachrichtungen angeben, so kann man erhebliche Unterschiede und Verschiebungen im Vergleich zu den früheren Verhältnissen innerhalb der Studiengebiete feststellen. Der Anstieg zum Studium an den Technischen Hochschulen ist zwar erfreulich, aber im Hinblick auf den „zusätzlichen Bedarf" — welcher über den „Ergänzungsbedarf" hinausgeht — noch zu gering. In der Fakultät für Maschinenwesen liegen die Dinge noch verhältnismäßig günstig; die Elektrotechnik dagegen ist anteilmäßig stark zurückgegangen. An den Ingenieurschulen ist das Gesamtbild zwar günstiger, der Zustrom zeigt einen erheblichen Anstieg. Hier tritt aber noch deutlicher zutage,

[1]) Dieses Heft S. 778.
[2]) ETZ 60 (1939) H. 22, S. 671.

daß die zahlenmäßige Aufwärtsentwicklung vorzugsweise dem Maschinenbau zugute kommt. Während früher das Verhältnis an der Mehrzahl der Studienanstalten, die beide Fachrichtungen pflegen, etwa zwei Drittel zu einem Drittel war, liegt es heute vielfach bei vier Fünftel zu einem Fünftel oder gar noch ungünstiger für die Elektrotechnik. Aber auch innerhalb der Elektrotechnik hat sich bei der aus der Praxis auf das Studium übergreifenden fortschreitenden Spezialisierung eine Verlagerung im Nachwuchs vollzogen. Ein rasch wachsender Anteil der heute an den Technischen Hoch- und Fachschulen Elektrotechnik Studierenden widmet sich der Fernmelde- und Hochfrequenztechnik, während gleichzeitig das Studium des Elektromaschinenbaues und der elektrischen Anlagen entsprechend zurückgegangen ist. Diese Entwicklung kann bei Fernstehenden leicht den Eindruck erwecken, — und das klingt auch gelegentlich bei Besprechungen mit dem studierenden Nachwuchs an — als ob lohnende Aufgaben für begabte und geniale Techniker auf dem Gebiete der Elektrotechnik nur mehr in geringem Maße vorlägen und wenn überhaupt, dann schon eher auf dem Gebiete der Fernmelde- und Hochfrequenztechnik, während die Entwicklung im Elektromaschinenbau und auf dem Starkstrom-Anlagen-Gebiete mehr oder weniger zu einem Abschluß gekommen sei. Daß diese Schlüsse in keiner Weise den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen, dafür sprechen die zahllosen Neuschöpfungen auf beiden Gebieten der Elektrotechnik, sowohl des Schwachstroms als auch des Starkstroms. Und die Durchdringung unseres modernen Wirtschaftslebens durch die Elektrotechnik ist unaufhaltsam, und weder Umfang noch Zeit ihrer Anwendung läßt sich auch nur ahnen, geschweige denn in ihrer Zeitfolge vorausbestimmen.

Ein Beruf, der die Mitarbeit an solch großen Aufgaben, wie gerade unsere Zeit sie bietet, in Aussicht stellt, der eine derartige Fülle und einen so weiten Umfang der Naturerkenntnis erschließt, der in so hohem Maße Können, Planen und Wagen zum Einsatz kommen läßt, besitzt Anziehungskraft genug für fähige, tüchtige und energische Menschen. Er bietet Entfaltungsmöglichkeiten, Berufsraum und Aufstiegschancen. Deshalb der Apell an die technisch begabte Jugend: Kommt zu uns! Werdet Ingenieure!

Im Anschluß an die Ausführungen des Vorsitzenden ergriff Herr Reichsamtsleiter Führer, München, das Wort und überbrachte die Grüße des Hauptdienstleiters der NSDAP. und Beauftragten für die Technik, Generalinspektor Dr. Todt, und wies darauf hin, daß die herrliche Stadt Wien die Kraft zu ernster Arbeit durch die Freude bei fröhlicher Entspannung wie keine zweite zu geben imstande sei.

Im Namen des Gauleiters Bürckel, Wien, begrüßte Herr Gauamtsleiter Gürke die Mitgliederversammlung und wies auf die Bedeutung der Ostmark für die großen Arbeiten im Rahmen des Vierjahresplanes hin, streifte kurz die Neuordnung der Technik in der Ostmark und würdigte die Bedeutung des NSBDT. als Träger der technischen Aufgaben der Partei.

Phot. Franz Thim, Wien.

41. Mitgliederversammlung im großen Saal des Konzerthauses.

Herr Senatspräsident Stiller, Berlin, überbrachte auch dieses Jahr im Namen der Behörden, Ministerien und Wirtschaftsgruppe die Grüße und Wünsche aller der Stellen, die in enger Zusammenarbeit mit dem VDE stehen. Aus seinem engeren Arbeitsgebiet erwähnte er die Bedeutung des Vorschriftenwerkes für die sozialpolitischen Aufgaben seiner Behörde und schloß mit dem Wunsche, daß die Arbeiten des VDE auch im Großdeutschen Reich von gleichem Erfolge getragen sein möchten wie bisher.

Als Vertreter der Wehrmacht wies Herr Oberregierungsrat Polenz auf die engen Beziehungen zwischen Wehrmacht und Elektrotechnik hin. Einer der Pioniere der Elektrotechnik, Werner Siemens, sei aus der Wehrmacht hervorgegangen, und immer wieder zeigen sich bei dem hohen Grade, in dem die Elektrotechnik in die Wehrtechnik eingedrungen ist, gegenseitige Anregungen, und gemeinsam haben VDE und Wehrmacht Wege gefunden, die Forderungen, die die Wehrmacht in ihrer besonderen Lage stellen muß, befriedigend zu erfüllen.

Erstmalig war die Physikalisch-Technische Reichsanstalt Berlin durch ihren Präsidenten, Herrn Staatsrat Professor Dr. A. Esau, vertreten, der in seiner Ansprache darauf hinwies, daß das große Ziel, das wir alle heißen Herzens anstreben und erreichen müssen und deshalb auch erreichen wollen, das Zusammenstehen von Wissenschaft, Forschung und Technik auf allen Gebieten sei. Die besondere Arbeitsweise der beiden Einrichtungen, Reichsanstalt und VDE, und die vielen Aufgaben, die sie beide auf ihren Gebieten vorfinden, gewährleiste ohne weiteres ein „phasengleiches" Schaffen, und es müsse das allseitige Bestreben sein, eine „Phasenverschiebung" nicht aufkommen zu lassen.

In Ergänzung des schon in der ETZ veröffentlichten Geschäftsberichtes machte Herr Direktor Dipl.-Ing. Blendermann noch einige geschäftliche Mitteilungen und wies auf die Beteiligung des VDE am Reichsberufwettkampf hin.

Nun erhielt Herr Professor Dr. Ramsauer das Wort zu seinem Vortrag[3]) „Über Elektronen- und Ionenströme", der unterstützt durch zahlreiche wirkungsvolle Versuche reichsten Beifall fand.

Nachdem Herr Professor Dr. Ramsauer seinen Vortrag beendet hatte, ergriff der Vorsitzende das Wort, um ihm und seinen Herren, die ihm bei den glanzvollen Versuchen assistiert hatten, den herzlichen Dank aller Zuhörer, der schon in dem Beifall der Versammlung zum Ausdruck gekommen war, nochmals auszusprechen.

Im Anschluß hieran verlas der Vorsitzende die Antworttelegramme des Führers und Reichskanzlers und des Generalinspektors Dr. Todt und schloß seine Ausführungen mit folgenden Worten:

Meine Herren! Wohl in keiner Zeit ist der Technik und damit dem Ingenieur ein solches Arbeitsgebiet zugewiesen wie heute im Zeichen des Vierjahresplanes, der Schaffung der Wehrmacht, der großen kulturellen Güter. Aber auch noch nie hat es eine Zeit gegeben, in der das Schaffen und das Streben des Ingenieurs in so hohem Maße Anerkennung gefunden hat. Durch die Verleihung der Nationalpreise an vier verdiente Ingenieure und Konstrukteure hat unser Führer dieser Anerkennung sichtbaren Ausdruck verliehen. Mit Freude haben wir die Worte anläßlich der Verleihung gehört:

„Den Leistungen seiner Techniker und Ingenieure verdankt das deutsche Volk mit den großartigen Aufstieg".

Wir sind stolz darauf, daß wir berufen sind, wichtige Bausteine am Aufbauwerk des deutschen Volkes zu liefern, und des Reiches Führung jene technischen Mittel zur Verfügung zu stellen, deren Vorhandensein und Einsatz mit beitragen zu den herrlichen Erfolgen.

Wir werden unsere ganze Kraft und unser ganzes Können einsetzen, um uns der hohen Anerkennung würdig zu zeigen, und unermüdlich danach streben, auch durch unser Wirken die Arbeiten unseres Führers zu unterstützen.

Außer den Fachberichtsgruppen tagten wie immer der Vorstand und Vorstandsrat. Ebenso fand eine Sitzung des Redaktionskomitees der ETZ, des Archiv für Elektrotechnik und zum ersten Male auch der Zeitschrift Elektrotechnik und Maschinenbau Wien statt, auf der über den Stand und die Entwicklungsaussichten der Zeitschriften berichtet und in regen Meinungsaustausch über die Aufgaben und Ziele für die nächste Zeit eingetreten wurde.

Auch die Geselligkeit als Ausgleich zu des Tages ernster Arbeit kam voll zu ihrem Recht. Am Donnerstag, dem 1. Juni, fand in den prunkvollen Räumen der Hofburg ein Begrüßungsabend statt. Unter Mitwirkung des Wiener Symphonieorchesters und erster Künstler der Oper wurde den im Festsaal sitzenden Teilnehmern eine heitere musikalische Reise durch die Ostmark geboten, in der auch die ernste Musik eines Ludwig van Beethoven und eines Anton Bruckner gemeinsam mit der lieblichen Kunst eines Wolfgang Amadeus Mozart ihren Platz fand. Da der Festsaal nicht alle Teilnehmer zu fassen vermochte, wurde noch dafür gesorgt, daß die in den kleinen Sälen sitzenden Gäste entweder an dieser Hauptveranstaltung teilnehmen konnten oder durch besondere Darbietungen unterhalten wurden. Mit dem unsterblichen Walzer von Johann Strauß, der mit Wien immer verbunden bleiben wird, „An der schönen blauen Donau", getanzt vom Opernballett, fand die Reise ihr Ende, jedoch noch nicht das gesellige Beisammensein. Nach dem gemeinsamen Imbiß und Abschluß der Hauptdarbietungen setzte dann ein fröhliches Hin- und Herfluten der Gäste ein, die einen Blick in die schönen Räume der Hofburg tun und Bekannte aufsuchen wollten.

Am Freitag fand im Rathaus ein Empfang im Festsaal statt, bei dem der Bürgermeister der Stadt Wien, Herr Dr.-Ing. Hermann Neubacher, in mitreißenden Worten den Gästen aus dem Altreich die schicksalschweren Stunden noch einmal vor Augen führte, die die lebensfrohe und doch in so vielen harten Kämpfen in ihrer langen Geschichte zum Grenzwall gewordene Stadt im vergangenen Jahre durchlebte. Ein fröhlich verlaufener Kameradschaftsabend vereinte die Gäste in den Sälen des Rathauses, Ratskellers und des Militärkasinos noch viele Stunden.

Der Sonnabend war ausgefüllt mit Besichtigungen ostmärkischer technischer Stätten, die Zeugnis von den Leistungen der Ostmark ablegten und den Ingenieuren des Altreichs die innere Verbundenheit des technischen Schaffens der Ostmark mit dem Altreich vor Augen führten. Im Anschluß daran hatten viele Teilnehmer Gelegenheit, die schöne Umgebung Wiens kennen zu lernen, und mancher verbrachte einige Urlaubstage in der schönen deutschen Ostmark.

Folgende Telegramme sind während der Tagung eingelaufen:

Vom Führer und Reichskanzler:

„Den Teilnehmern an der Jahrestagung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker im Nationalsozialistischen Bund Deutscher Technik danke ich für die mir übermittelten Grüße, die ich bestens erwidere.

Adolf Hitler."

Von Generalinspektor Dr. Todt:

„Leider verhindert persönlich an Ihrer Tagung in Wien teilzunehmen, begrüße ich alle Männer der Elektrotechnik und Wissenschaft herzlichst und wünsche ihrer technisch-wissenschaftlichen Aufbauarbeit weiterhin besten Erfolg zum Nutzen des Großdeutschen Reiches. Heil Hitler!

Dr. Todt,
Leiter des Hauptamtes für Technik."

Von Oberbürgermeister Dillgardt:

„Ich grüße die anläßlich der Hauptversammlung in Wien versammelten Elektrotechniker und wünsche ihrer Verbandstagung besten Erfolg.

Dillgardt
Generalbevollmächtigter für die Energiewirtschaft und Leiter der Reichsgruppe Energiewirtschaft."

Nachträglich ging ein:

Von Generalfeldmarschall Hermann Göring:

„Ihre mir von Ihrer Jahrestagung in der Ostmark übermittelten Grüße erreichten mich leider erst heute. Indem ich Ihnen hierfür nachträglich aufrichtigst danke, erwidere ich diese für Sie und Ihre Arbeit bestens. Heil Hitler!

Göring, Generalfeldmarschall."

W. L.

[3]) Dieses Heft S. 773.

Die Elektronen- und Ionenströme in der Technik*).

Festvortrag vor der Mitgliederversammlung des VDE in Wien am 2. 6. 1939.

Von **Carl Ramsauer VDE**, Berlin.

DK 537.5 : 621.3

Wenn auch die technische Bedeutung der Elektronen- und Ionenströme im Verstärkerrohr und im Gleichrichter dauernd zunimmt, so sind die hier zugrunde liegenden physikalischen Vorgänge dem Elektrotechniker, der sich nicht unmittelbar mit derartigen Aggregaten zu beschäftigen hat, doch etwas fremd geblieben. Der Grund liegt darin, daß die gewohnten Vorstellungen von der Leitung des elektrischen Stromes in einem Metall vollständig versagen. An Stelle des Potentialbildes, welches nur durch die Verhältnisse des elektrischen Widerstandes bestimmt ist, tritt ein Potentialbild, welches entscheidend durch die Raumladungen bedingt wird, und an Stelle der Unerschöpflichkeit des metallischen Leiters an Elektronen tritt die Notwendigkeit, die Träger des elektrischen Stromes überhaupt erst zu erzeugen.

a Ort eines Elektrons
1, 2 Kugelelemente mit gleicher Gesamtwirkung auf *a*

Abb. 1. Wirkung negativer Raumladung auf ein Elektron.

R a u m l a d u n g. Gegeben seien zwei Elektroden — und +. Der dazwischenliegende Raum sei völlig gasfrei. Aus der Minus-Elektrode treten, etwa unter der Wirkung hoher Temperatur, Elektronen aus und wandern unter dem Einfluß des elektrischen Feldes durch den leeren Raum zur Anode hinüber (Abb. 1). Zunächst sollte man glauben, daß alle an der Kathode erzeugten Elektronen schon bei geringer Spannung nach der Anode gelangen, daß also der Strom von der Spannung nur wenig beeinflußt wird. Das ist aber keineswegs der Fall. Ein Punkt *a*, in dem wir uns ein Elektron vorstellen wollen, wird nicht nur von den beiden Elektroden beeinflußt, sondern außerdem von der Gesamtheit aller, den Raum erfüllenden Elektronen, d. h. von der Raumladung. Darin wirken auch die Kräfte von entfernteren Elektronen wesentlich mit. Beispielsweise haben die beiden Kugelelemente *1* und *2* nach dem Coulombschen Gesetz die gleiche Gesamtwirkung, indem bei doppelter Entfernung zwar die Wirkung des einzelnen Elektrons auf ein Viertel sinkt, dafür aber die Anzahl der Elektronen auf das Vierfache steigt.

*) Mitteilung aus dem Forschungs-Institut der AEG. — Der Zweck des Vortrages war in erster Linie die Vorführung der wichtigsten Versuche dieses Gebietes, der Text und das Bildmaterial mußten daher so weit wie möglich vereinfacht werden.

D e r S t r o m a l s F u n k t i o n d e r S p a n n u n g. Wie ändert sich nun der Strom I mit wachsender Spannung U? (Abb. 2). Solange U klein ist, treibt die Raumladung die Elektronen zum großen Teil zur Kathode zurück. Steigert man U, so erhöht man die Wirkung der

Abb. 2. Der Strom als Funktion der Spannung.

Elektroden auf die Elektronen und vermindert gleichzeitig die Raumladung durch schnelleren Abtransport der Elektronen. Die Rechnung ergibt, daß dieser weitere Anstieg des Stromes der Gleichung $I = \text{const.}\, U^{3/2}$ gehorcht. Bei noch weiterer Steigerung von U wächst I dann wieder

Abb. 3. Wirkung positiver Ionen auf die Raumladung.

langsamer an und mündet schließlich in einem Sättigungswert, d. h. der Strom ist auch durch Erhöhung der Spannung nicht mehr weiter zu steigern, sobald alle in der Zeiteinheit erzeugten Elektronen auch wirklich zur Anode hinübertransportiert werden, die beschränkte Elektronenergiebigkeit der Kathode also erschöpft ist.

B e e i n f l u s s u n g d e r R a u m l a d u n g d u r c h p o s i t i v e T e i l c h e n. Wie wir soeben sahen, ist für die Beziehung zwischen Strom und Spannung das Entscheidende die Raumladung. Will man diese Beziehung daher ändern, z. B. schon bei geringerer Spannung einen

stärkeren Strom erzielen, so muß man die negative Raumladung durch Zusatz positiver Teilchen verringern (Abb. 3). Praktisch wird dies erreicht, wenn man in das bisherige Vakuum etwas Gas einläßt und den Elektronen bei entsprechender Spannungsdifferenz so Gelegenheit gibt, die Gasmoleküle zu ionisieren, d. h. in ein Elektron und einen positiven Rest, das sogenannte Ion, zu spalten. Die Wirkung ist überraschend groß (Abb. 4), obwohl man

Abb. 4. Kennlinie ohne (———) und mit — — —) geringem Gaszusatz.

leicht berechnen kann, daß die Anzahl der je Sekunde erzeugten Ionen nur einen ganz kleinen Bruchteil, kaum mehr als $^1/_{1000}$ der je Sekunde erzeugten Elektronen, beträgt. Wie kommt dies? Der Grund ist der, daß die Raumladung, d. h. die je Volumelement vorhandene Ladungssumme aus Minus- und Plusteilchen nicht nur von den je Sekunde erzeugten Anzahlen von Minus- und Plusteilchen, sondern auch von den Zeiten abhängt, welche die Elektronen und Ionen in dem Raum zwischen den Elektroden verweilen oder, mit anderen Worten, von den Geschwindigkeiten, mit welchen sich die Elektronen und Ionen durch das Feld bewegen. Diese Geschwindigkeiten verhalten sich bei gegebener Feldstärke wie die Wurzeln aus den Massen, ein Hg-Ion wandert daher nur etwa $^1/_{600}$ so schnell wie ein Elektron. Damit ist der überraschend große Einfluß geringster Gas- oder Dampfmengen erklärt. Läßt man nämlich nur soviel Hg-Dampf herein, daß der Strom zu $^1/_{600}$ von den positiven Hg-Ionen getragen wird, so ist doch die Raumladung Null, da die Hg-Ionen nur $^1/_{600}$ der Elektronengeschwindigkeit haben und daher 600mal so lange unterwegs sind wie die Elektronen. — Die Verminderung der Raumladung durch positive Ionen ist praktisch von der allergrößten Bedeutung. Die zur Aufrechterhaltung eines bestimmten Stromes notwendige Spannungsdifferenz ist nämlich um so kleiner, je kleiner die ihr entgegenwirkende Raumladung ist. Dies ergibt eine entsprechende Verminderung des Leistungsverbrauches im Rohr, d. h. eine Verminderung des unnötigen Energieverlustes und der abzuführenden Wärmemenge. Dadurch wird es möglich, Gefäße mit Gas- oder Dampffüllung auch für Starkstrom zu verwenden, während die hochevakuierten Gefäße schon wegen der Schwierigkeit der Wärmeabfuhr im allgemeinen auf Schwachstrom beschränkt bleiben müssen.

Die beiden Hauptfälle der Glimmentladung. Den ersten und einfachsten Hauptfall haben wir schon kennengelernt: Die Elektronen werden an der Kathode durch Glühwirkung erzeugt; diese Elektronen werden durch das Feld beschleunigt und ionisieren das Gas, d. h. erzeugen positive Ionen; diese Ionen bewegen sich zur Kathode und heben die negative Raumladung der Elektronen auf, d. h. sie befreien die durch Raumladung gebundenen Elektronen usf., bis sich der Gleichgewichtszustand nach Maßgabe der angelegten Spannung herstellt. Beim zweiten Hauptfall fehlt die äußere Einwirkung auf die Kathode, d. h. es werden keine Elektronen durch Glühwirkung erzeugt. Trotzdem baut sich eine ganz ähnliche Entladungserscheinung auf wie im ersten Falle. Im gasverdünnten Raume sind — z. B. infolge radioaktiver Strahlung — stets einzelne Elektronen vorhanden. Diese erzeugen unter dem Einfluß des Feldes positive Ionen im Gasraum. Diese positiven Ionen bewegen sich mit wachsender Geschwindigkeit auf die Kathode zu und erzeugen bei ihrem Aufprall Elektronen, die ihrerseits wieder das Gas ionisieren usf. Der Unterschied zwischen den beiden Fällen ist gar nicht so groß, wie es auf den ersten Blick scheint, denn im Grunde ist es für den ganzen Vorgang ziemlich gleichgültig, ob die Elektronen durch die Ionen aus dem Kraftverbande der Raumladung oder aus dem Kraftverbande des Atomaufbaues der Kathode befreit werden.

Der Aufbau des Potentialgebildes. Der Zusatz von Gas kompliziert den Entladungsvorgang außerordentlich. Die durch die Ionisierung neu geschaffenen Ladungsträger, Elektronen und Ionen, greifen unter dem Einfluß des elektrischen Feldes weiter in den Entladungsprozeß ein. Das Wichtigste bleibt hierbei aber der Ionisierungsvorgang selbst. Das Elektron muß zur Erlangung der Ionisierungsenergie eine bestimmte Potentialdifferenz, d. h. bei gegebenem elektrischen Felde eine bestimmte Strecke durchlaufen. Daraus ergeben sich bestimmte räumliche Bedingungen, denen der Entladungsvorgang unterworfen wird. Durch die Wechselwirkung zwischen diesen Ionisierungsbedingungen und den erzeugten Raumladungen baut sich dann das Potentialgebilde der Entladung auf.

Wir wollen die Vorgänge etwas näher betrachten, müssen uns dabei aber bei der Kompliziertheit der Zusammenhänge auf ein stark idealisiertes Bild beschränken. Maßgebend für diesen Vorgang sind zwei Strecken, erstens die Strecke l, welche das Elektron von der Kathode K aus zurücklegen muß, um überhaupt ionisieren zu können, und zweitens die sogenannte freie Weglänge λ, d. h. die Strecke, die das Elektron im Mittel zurücklegen muß, um ein Molekül zu treffen. l sei bei der anfänglichen, noch ziemlich stetigen Potentialverteilung größer als λ, z. B. $= 2\lambda$. Dann werden nur diejenigen Elektronen ionisieren, welche bis zum Zusammenstoß die Strecke l oder mehr zurückgelegt haben. Durch diese Ionisierung bildet sich aber in der Entfernung l von K eine positive Raumladung, welche die Potentialdifferenz gegenüber K an dieser Stelle erhöht. Das bedeutet aber eine Verkürzung von l, d. h. der Erzeugungsort der positiven Ionen rückt immer weiter nach K, bis $l = \lambda$ geworden ist. In dieser Entfernung von K bildet sich eine starke positive Raumladung aus, da hier die Elektronen sehr häufig und mit genügender Geschwindigkeit auf die Gasmoleküle stoßen und da hier die erzeugten positiven Ionen noch ihre kleinste Geschwindigkeit, d. h. ihre größte Verweilzeit, haben. Zwischen dieser Schicht und K liegt infolgedessen eine starke Potentialdifferenz, in den meisten Fällen der Hauptteil der Potentialdifferenz zwischen Kathode und Anode. Sie ist der sogenannte Kathodenfall, das physikalisch und technisch wichtigste Potentialgebilde jeder Entladung, äußerlich markiert durch den sogenannten Hittorfschen Dunkelraum und die angrenzenden Leuchterscheinungen der Entladung.

Durch Überlegungen, die neben der Ionisation auch noch die Wandverluste und den Ladungsträgereinstrom an der Anode berücksichtigen, kann man sich auch die Entstehung und die Potentialeigenschaften der beiden anderen hauptsächlichen Entladungsgebilde klarmachen: der positiven Säule und des Anodenfalles (Abb. 5). Die Grundbedingung für alle diese Gebilde ist die Herstellung eines Gleichgewichtszustandes zwischen den verschiedenen Phasen dieses komplizierten Gesamtmechanismus. So müssen in der positiven Säule stets so viel Ladungsträger erzeugt werden, wie abwandern oder durch Rekombination verlorengehen, so muß sich der Kathodenfall gerade so

groß ausbilden, daß sich die Zahl der an der Kathode befreiten Elektronen und die Zahl der im Gas befreiten Ionen im richtigen Verhältnis zueinander befinden.

Raum- und Flächenbedarf der Entladung. Die Ausbildung des Kathodenfalles und damit die Ausbildung der ganzen Entladung ist, wie wir oben sahen, daran gebunden, daß die Elektronen eine Strecke von der Größe der freien Weglänge λ zur Verfügung haben. Bei größerer Annäherung der Elektroden erlischt die Entladung, kann aber wieder hergestellt werden, wenn durch ein Magnetfeld die Elektronenbahnen gekrümmt, d. h. verlängert werden.

Abb. 5. Aufbau und Potentialverlauf der Glimmentladung.

Auch in der Ausbreitung der Entladung auf der Kathode, wie sie durch das stark leuchtende negative Glimmlicht auch äußerlich sichtbar wird, stellt sich ein ganz bestimmter Flächenbedarf ein. Die Zusammenhänge sind zu kompliziert, um hier im einzelnen erörtert zu werden, lassen sich aber dahin zusammenfassen, daß die Ausbildung des Kathodenfalles an die Ausbildung der Raumladung, letztere aber an eine bestimmte Stromdichte und damit bei gegebener Stromstärke an eine bestimmte Kathodenfläche gebunden ist. Der äußere Effekt dieser Zusammenhänge ist der, daß die vom negativen Glimmlicht bedeckte Fläche so lange proportional der Stromstärke ist, als das negative Glimmlicht die Kathodenfläche noch nicht bedeckt. Bis dahin bleibt auch der Kathodenfall konstant (normaler Kathodenfall).

Der Übergang von der Glimmentladung zum Bogen. Steigert man die Stromstärke, nachdem die ganze Kathode sich mit dem negativen Glimmlicht bedeckt hat, weiter, so tritt, da das negative Glimmlicht keine größere Fläche mehr einnehmen kann, eine Erhöhung der Stromdichte ein und im Zusammenhang damit eine Erhöhung des Kathodenfalles, da nun je Flächeneinheit mehr Elektronen als vorher in Freiheit gesetzt werden müssen (anomaler Kathodenfall). Bei noch weiterer Steigerung des Stromes ändert die Entladung plötzlich vollständig ihren Charakter. Das negative Glimmlicht zieht sich auf einen einzigen, hell leuchtenden Fleck zusammen, der unruhig umherläuft; die Glimmentladung ist zur Bogenentladung geworden. Der Vorgang erklärt sich so: An einer Stelle a habe sich die Stromdichte der die Kathode verlassenden Elektronen zufällig etwas gesteigert, dadurch steigert sich die Ionenerzeugung an der gegenüberliegenden Stelle des Kathodenfalles, dadurch rückwärts die Elektronenbefreiung an der Stelle a usf., bis mit wachsender Temperatur an der Stelle a die Elektronenmenge sprunghaft in die Höhe geht und in weiterer automatischer Steigerung schließlich den gesamten Elektrizitätstransport übernimmt.

Die Bedeutung der Elektronen- und Ionenströme für die Technik. Die Bedeutung beruht auf zwei Eigenschaften: erstens der Gleichrichtung und zweitens der Steuerbarkeit. Die Gleichrichtung wird dadurch erreicht, daß man die beiden Elektroden so verschieden macht, daß die eine nur als Kathode, die andere nur als Anode arbeitet, d. h. daß der Strom nur in der einen Richtung fließt und in der anderen gesperrt wird. Bei der Glühkathodenröhre ist die Kathode von vornherein als diejenige Elektrode gegeben, bei welcher die Elektronen durch den Glühprozeß ausgelöst werden. Dies führt zur Vakuumröhre der Funktechnik und zur gas- oder dampfgefüllten Röhre mit Glühkathode, der man in Deutschland den Namen Stromtor gegeben hat, in Amerika den Namen Thyratron. Bei festen, nicht glühenden Elektroden wird diejenige Elektrode zur Kathode, die die größere Elektronenemission besitzt. Bei Elektroden verschiedener Verdampfbarkeit bildet die leichter verdampfbare Elektrode die Kathode, besonders dann, wenn es sich um eine Bogenentladung handelt. Dies führt zu den Hg-Dampfgleichrichtern mit Hg-Kathode und Graphitanode.

Die Steuerbarkeit wird erreicht durch eine dritte Elektrode, das „Gitter". Die Steuerwirkung eines solchen Gitters beruht darauf, daß seine Ladung wie eine Raumladung auf die den Strom bildenden Ladungsträger einwirkt und von außen willkürlich verändert werden kann. Bei der Vakuum-Glühkathodenröhre ergeben sich hieraus sehr einfache Steuerbedingungen, die, wie bekannt, hauptsächlich für Verstärkungszwecke und kompliziertere Schwachstromaufgaben ausgenutzt werden. Wesentlich verwickelter werden die Verhältnisse jedoch für Gefäße mit Gas- oder Dampffüllung, d. h. für alle Gefäße der Starkstromtechnik. Der Grund liegt darin, daß die Ladung eines negativen Gitters durch die Raumladung der hinzuströmenden positiven Teilchen einfach aufgehoben wird. Das Steuergitter kann daher eine schon brennende Entladung im allgemeinen gar nicht beeinflussen.

Für das richtige Funktionieren der Gleichrichtung und der Steuerung ist noch eine besondere Bedingung zu erfüllen: die schnelle Entionisierung, d. h. die schnelle Befreiung des Gefäßraumes von allen Ladungsträgern. Die Ladungsträger, welche kurz nach dem Ende der durchgelassenen Halbperiode sich noch nicht an den Gefäßwänden entladen haben, können die Durchlassung der zu sperrenden Halbperiode bewirken, d. h. die gefürchtete Rückzündung herbeiführen, oder sie können um das Gitter eine Raumladung bilden und dadurch seine Steuerwirkung, die es, wie wir gleich sehen werden, vor Beginn der durchzulassenden Halbperiode besitzen muß, beeinflussen oder aufheben.

Die Entladungsgefäße der Starkstromtechnik. Wir haben hier in der Hauptsache zwei Typen, die Glühkathodenröhre und den Quecksilberdampfgleichrichter.

Die Glühkathodenröhre. Die Erhitzung der Kathode, welche mit einem leicht elektronenabgebenden Oxyd bedeckt ist, liefert reichliche Elektronenmengen, die vorhandene geringe Gas- oder Hg-Dampffüllung liefert die positiven Ionen, welche trotz ihrer geringen Beteiligung am Elektrizitätstransport, wie wir oben sahen, den Spannungsabfall durch die Aufhebung der negativen Raumladung entscheidend beeinflussen. Der Spannungsabfall ist im Normalfall größer als die Ionisierungsspannung der Gasfüllung und beträgt deshalb bei Füllung mit Hg-Dampf mindestens etwa 12 V. Die Stromstärke darf nicht über das Maß hinaus gesteigert werden, welches der je Sekunde erzeugten Elektronenmenge entspricht, da sonst die positiven Ionen den weiteren Elektronenbedarf aus der Glühkathode herausschlagen müssen, was zu einem erhöhten Kathodenfall und zur Zerstörung der Glühkathode führt.

Der Hg-Dampfgleichrichter. Hier tritt an die Stelle der Entladung der Glühkathodenröhre die Bogenentladung, zu welcher das leicht verdampfende Quecksilber der Kathode durch die starke Temperaturerhöhung der im Kathodenfleck zusammengezogenen Entladung die Elektronen und Ionen in reichlichem Maße liefert. Die Zündung erfolgt im allgemeinen durch dauernd brennende Hilfslichtbögen, welche bei Einschaltung des Gleichrichters durch eine besondere Vorrichtung, eine aus dem Quecksilber heraustauchende Zündelektrode, in Gang gebracht werden. Der Spannungsabfall müßte hier an sich auch nicht größer sein als bei der Glühkathodenröhre, d. h. auch nicht größer als 12 V. Während aber die Glühkathodengefäße meist eine kugelige Form besitzen, in welche Kathode und Anode hineinragen, müssen die Anoden bei Hg-Dampfgleichrichtern zur schnelleren Entionisierung, d. h. zur Vermeidung von Rückzündungen, entweder in Armen untergebracht werden, die bei verhältnismäßig geringem Querschnitt eine nicht unbeträchtliche Länge aufweisen (Glasgleichrichter), oder in Anodenhülsen, deren Querschnitt relativ zu den Stromstärken verhältnismäßig klein ist. Das hat zur Folge, daß wir beim Hg-Dampfgleichrichter mit einer wesentlich längeren positiven Säule zu rechnen haben als bei der Glühkathodenröhre. Zum Kathodenfall kommt also hier noch der Spannungsabfall in der positiven Säule, und so kommt man zu Gesamtspannungsabfällen, die zwischen 20 und 30 V liegen.

Die Steuerung der Starkstromentladungsgefäße. Der wichtigste Fall der Steuerung ist die Einregelung der mittleren Stromstärke im Gefäß selbst, d. h. ohne Vorschaltwiderstand. Der große Vorteil besteht darin, daß diese Regelung ohne Energieverlust erfolgen kann. Die hierfür notwendigen Maßnahmen zerfallen in zwei Gruppen, je nachdem, ob ohne den Steuereingriff der Gleichrichter in den betreffenden Halbperioden stromlos bleiben oder zünden würde.

Abb. 6. Zündung durch Funken und durch Halbleiterstift (Ignitron).

Erster Fall. Gegeben ist ein Entladungsgefäß mit Hg-Kathode und fester Anode. Die angelegte Spannung genügt nicht zur Zündung, wohl aber zur Aufrechterhaltung des einmal gezündeten Bogens. Die Zündung erfolgt mittels eines Hilfsfunkens. Die Steuerung besteht dann darin, daß der Zündmoment verschieden gewählt wird. Die mittlere Stromstärke wird groß, mittel oder klein, wenn die Zündung jedesmal am Anfang, in der Mitte oder gegen das Ende der betreffenden Halbperiode erfolgt (Abb. 6). In moderner Form ist diese Steuerung im sogenannten Ignitron verwirklicht. Die Zündung erfolgt hier durch Anlegung einer relativ niedrigen Spannung an einen Halbleiterstift, der aus der Hg-Kathode herausragt. An der Grenze zwischen Halbleiter und Quecksilber bildet sich unter dem Einfluß des an dieser Stelle erhöhten Potentialgefälles eine Entladung aus, die zur Zündung des Gleichrichters führt. Der Zündmoment ist, wie bei allen diesen Vorgängen, nicht ganz exakt einzuhalten, sondern streut statistisch. Diese Steuerung kommt daher praktisch nur für gröbere Aufgaben in Betracht und findet bis jetzt in Amerika und Deutschland ihre Hauptanwendung in der Schweißtechnik, für die sich das Ignitron durch seine Einfachheit und Robustheit empfiehlt.

Zweiter Fall. Gegeben ist ein Entladungsgefäß mit Steuergitter. Das Entladungsgefäß — eine Glühkathodenröhre oder ein Hg-Dampfgleichrichter mit dauernd brennenden Erregerlichtbögen — würde ohne Betätigung des Steuergitters in jeder entsprechend gerichteten Halbperiode zünden. Das Steuergitter kann bei genügend negativer Aufladung die Zündung verhindern und bei entsprechender Verringerung der Aufladung freigeben. Diese Verhältnisse werden am klarsten durch die Zündcharakteristik dargestellt (Abb. 7). Zu jeder an die Entladungsröhre gelegten Spannung gehört eine bestimmte negative Gitterspannung, oberhalb deren die Röhre gesperrt ist und unterhalb deren die Röhre zündet. Diese Grenzspannung nennt man die Zündspannung.

Abb. 7. Die Zündcharakteristik.

Damit ist ein sehr exakter Zündmechanismus gegeben. Lege ich an das Gitter eine bestimmte konstante negative Gleichspannung, so wird die Röhre zünden, sobald die Röhrenspannung beim Ansteigen in der Halbwelle diejenige Größe überschreitet, zu welcher die Gitterspannung als Zündspannung gehört (Abb. 8). Diese Steuerung ist aber insofern begrenzt, als es auf diese Weise nicht möglich ist den Zündmoment auf einen Punkt der absteigenden Halbwelle zu legen, oder mit anderen Worten, die Regelung ist nur zwischen 50 und 100 % der Halbwelle möglich. Aus dieser Schwierigkeit führt die sogenannte Toulon-Steuerung heraus, bei der das Gitter an dieselbe Wechselspannungsquelle gelegt wird, welche das Entladungsgefäß selbst speist. Die Steuerung wird dadurch erreicht, daß die Phase der Gitterspannung gegen die Phase der Gefäßspannung verschoben wird (Abb. 9). Zu jeder Phasendifferenz gehört dann ein gewisser Zündmoment, nämlich

Abb. 8. Steuerung mit Gleichspannung am Gitter.

derjenige Punkt, bei welchem die Gitterspannung gerade die zur augenblicklichen Gefäßspannung gehörende Zündspannung unterschreitet. Dieser Punkt läßt sich, wie eine einfache graphische Darstellung zeigt, über die ganze Halbwelle verschieben, d. h. die Stromstärke läßt sich zwischen 0 und 100 % der Halbwelle regeln, und zwar, wie nochmals betont sei, ohne Energieverlust.

V_A V_G K71101

Abb. 9. Steuerung mit Wechselspannung am Gitter.

Die Exaktheit dieses Zündmechanismus kommt aber nur dann voll zur Auswirkung, wenn das Steuergitter vor Beginn der Halbwelle, deren Zündmoment es beeinflussen soll, wirklich seine volle Wirksamkeit besitzt. Wie wir oben sahen, ist diese Wirksamkeit vollständig vorhanden, wenn das Entladungsgefäß in diesem Augenblick sehr weitgehend entionisiert ist, sie ist um so weniger vorhanden, je weniger weit die Entionisierung fortgeschritten ist.

Praktische Anwendung steuerbarer Gasentladungsgefäße. Neben der einfachen Stromregelung hat die Steuerbarkeit von Gasentladungsgefäßen, die allen mechanischen Steuerungen durch ihre Trägheitslosigkeit überlegen ist, in den letzten Jahren eine Fülle zum Teil sehr komplizierter praktischer Anwendungen gefunden, z. B. in Schweißmaschinensteuerungen und Gleichrichtern, Wechselrichtern und Umrichtern verschiedenster Art. Wir wollen hier nur auf eine Anwendung eingehen, bei welcher die außerordentliche Exaktheit der Steuerung einerseits und die Eigentümlichkeit der Steuerung andererseits besonders klar hervortreten: Das Lichtblitzstroboskop (Abb. 10). Das Lichtblitzstroboskop dient zur momentanen Beleuchtung rotierender oder anderweitig periodisch bewegter Gegenstände, so daß diese in einem Phasenpunkte ihrer Bewegungsperiode festzustehen scheinen und so in jedem Phasenpunkte genau beobachtet werden können. Die Lampe eines Lichtblitzstroboskops muß also in einem sehr genau feststehenden Zeitpunkte einen Lichtblitz von außerordentlicher Kürze und außerordentlicher Stärke aussenden. Man könnte versucht sein, eine Gasentladungslampe direkt durch ein Steuergitter zu steuern. Dies scheitert aber daran, daß für die große Lichtstärke ein hoher Druck der Gasentladungslampe notwendig ist, welcher aber andererseits die genügend schnelle Entionisierung unmöglich macht. Deswegen muß man Leuchtröhre und Steuergefäß trennen und beide hintereinander schalten. Mit der Lichtstärke der Blitze ist man heute auf etwa 1 Mill HK gekommen bei einer Leuchtdichte von 1,6 Mill HK/cm und einer Blitzdauer von $2 \cdot 10^{-5}$ s bei 50 Hz-Betrieb. Die Frequenz der einzelnen Blitze kann heute schon zwischen 5 und 1000 Hz variiert werden. Die Exaktheit der Steuerung ist so groß, daß man selbst kompliziertere bewegte Gebilde ganz klar zu erkennen vermag.

Gleichrichtung und Steuerung in festen Körpern (Trockengleichrichter). Zum Schluß wollen wir noch kurz ein Gebiet behandeln, bei welchem Ionen- und Elektronenströme eine ähnliche Rolle spielen wie bei den Entladungsgefäßen, bei welchen aber der Aufbau der Gleichrichtungsgeräte äußerlich viel einfachere Formen annimmt. Es ist dies das Gebiet der Trockengleichrichter, dessen praktische Bedeutung in schnellstem Wachsen begriffen ist. Die Trockengleichrichtereinheit besteht aus einem Metall, einem Halbleiter und einer dünnen, schlecht leitenden Zwischenschicht. Der Mechanismus der Gleichrichtung, welcher sehr kompliziert und in seinen Einzelheiten noch ganz unbekannt ist, besteht, schematisch gesehen, darin, daß die metallische Elektrode wegen ihrer wesentlich größeren Elektronenemission gegenüber der Halbleiterschicht zur Kathode

K 71102

Abb. 10. Das Lichtblitzstroboskop.

werden muß und daß die sehr dünne, an sich isolierende Zwischenschicht die Rolle des Vakuums im Elektronenrohr spielt. Charakteristisch für diese Art der Gleichrichtung ist die Abhängigkeit von der Temperatur, indem bei sehr tiefen Temperaturen die Halbleiterschicht eine zu geringe Leitfähigkeit annimmt und indem sich bei höheren Temperaturen neben den Elektronenströmen Ionenströme bemerkbar machen.

Trotzdem haben diese Trockengleichrichter, als deren Hauptvertreter wir die Selengleichrichter und die Kupferoxydul-Gleichrichter anführen, praktisch schon jetzt eine sehr große Bedeutung erlangt. Diese Bedeutung würde sich noch steigern, wenn es gelänge, auch diese Gleichrichter durch Einbettung eines Gitters in die Zwischenschicht zu steuern. Versuche dieser Art sind kürzlich von Pohl und Hilsch veröffentlich worden. Es handelt sich hierbei noch um rein physikalische Vorgänge an einem nach ganz besonderen Gesichtspunkten ausgewählten Modell. Es ist aber zu hoffen, daß sich diese Ansätze durch entsprechende Entwicklungsarbeiten in eine technisch brauchbare Form bringen lassen.

Aus den Fachberichtgruppen.

Fachgruppe A I, Fernmeldetechnik I.

DK 621.39

In der Nachrichtentechnik spielt neben der Technologie auch die Elektrophysik der Werkstoffe eine große Rolle. Daß die Nachrichtentechnik neben den gröberen Werkstoffeigenschaften auch die feineren praktisch verwenden kann, liegt an den geringen, bereits zur Nachrichtenübertragung geeigneten Leistungen, an der Möglichkeit der häufigen Wandlung der Energieform und der Deckung der Umwandlungsverluste durch Verstärkerröhren und an der wirtschaftlichen Möglichkeit, in komplizierten Übertragungssystemen einen kleinen Teil aus kostbaren Werkstoffen herzustellen, wenn dadurch größere Ersparnisse an anderen Stellen möglich werden. Für die Auswahl der Werkstoffe und ihrer Eigenschaften waren Güte und Wirtschaftlichkeit maßgebend. Neu hinzugekommen ist die Forderung nach Devisenfreiheit. In den Fachberichten wurden die Werkstoffe für Kabel, Pupinspulenkerne, Relaiskontakte und Hochfrequenzkabelisolationen unter diesen Gesichtspunkten behandelt.

Herr Kurt Wagner VDE kennzeichnete zunächst die Aufgabenstellung bei der Auswahl der Kabelwerkstoffe im Sinne des Vierjahresplanes und stellte die Forderung auf, daß das Werkstoffproblem nicht ohne Rücksicht auf praktische Erfahrungen, auf vorhandene Einrichtungen in den Kabelwerken und auf die technische Ausbildung und den Werkzeugpark des Verbraucherpersonals in Angriff genommen werden darf. Er gab dann einen Überblick über die zur Zeit bestehenden technischen Möglichkeiten, Kupfer durch Aluminium zu ersetzen, die überall da bestehen, wo die Leiter verschweißt und darauf dem Zutritt von Luftfeuchtigkeit entzogen werden können, also im Fernkabel, im Fernleitungskabel und im Bahnkabel. Die devisenpflichtigen Isolierstoffe Seide und Baumwolle konnten durch Kunstfasern ersetzt werden. Auch als Kabelmantelstoffe in trockenen Räumen können heimische Werkstoffe verwendet werden, nur die Wasserundurchlässigkeit fordert nach wie vor den Bleimantel. Dagegen können die mechanischen Aufgaben des Bleimantels und sein Korrosionsschutz von anderen Werkstoffen übernommen werden. Es ergeben sich damit weniger allgemein verwendbare Kabelarten, und es bedarf einer sorgfältigen Zusammenarbeit von Hersteller und Verbraucher, um jeweils das devisengünstigste Kabel auszuwählen, das die gestellte Aufgabe voll erfüllt.

Herr K. A. Mittelstraß stellte einleitend die Anforderungen an die Pupinspulen zusammen und gab an ihnen einen Überblick über die Entwicklung der Kerne vom ersten Massekern kurz nach der Jahrhundertwende über den Blechscheiben- und Drahtkern zum Massekern zurück und zum Bandkern. Er zeigte, daß die Verkleinerung und Verbesserung der Spulen zum größten Teil mit einer Verbesserung des magnetischen Werkstoffes erreicht wurde, und daß die höchsten Anforderungen in den Trägerfrequenzkabeln mit einem Karbonyleisenpulver erfüllt werden können, das nur in Deutschland hergestellt wird und devisenfrei ist. Seit 1938 konnte das Volumen des Spulensatzes auf ein Fünftel und gleichzeitig der Hysteresefaktor auf ein Sechstel herabgesetzt werden. Wo die Forderung nach Hysteresefreiheit hinter der Forderung nach Kleinheit stark zurücktritt, sind Kerne hoher Permeabilität aus Nickeleisen günstig, die als Massekerne oder als Bandkerne hergestellt werden können. Ihre Vorteile sind aber nicht so erheblich, daß sich die Verwendung beträchtlicher Mengen des devisenpflichtigen Nickels lohnt.

Herr Reche entwarf die Eigenschaften eines idealen Kontaktes, ging auf die physikalische Ursache des Kontaktwiderstandes und der mit ihm zusammenhängenden Kontaktrauschspannung ein und gab einen Überblick über die für ruhende Kontakte benutzten Werkstoffe und die technischen Maßnahmen zur Ausbildung eines guten Kontaktes. Bei Abhebekontakten, z. B. Relaiskontakten, tritt die Werkstoffwanderung als Hauptstörungsquelle hinzu. Man bekämpft sie durch Vermeidung der Prellung, durch Funkenlöschschaltungen und äußerstenfalls durch Einschluß der Kontaktanordnung in ein Vakuum. Technisch verwendet werden Silber, Platin, Gold-Platin und Wolfram als Kontaktwerkstoffe solcher Relais. Der Vortragende wies auf die große Zahl der bei der Auswahl eines Werkstoffes maßgebenden Faktoren hin, die sich leider nicht in einem einzigen Werkstoff in günstiger Weise vereinigt finden, so daß die Technik sehr viele, vom Vortragenden in Tabellen zusammengestellte Werkstoffe nebeneinander benutzen muß.

Herr Erich Müller wies auf die Bedeutung des Verlustwinkels des Isoliermaterials von Kabeln bei Hochfrequenz hin, der schließlich allein die Dämpfung bestimmen würde, wenn man nicht die Isolierstoffe dem verwendeten Frequenzgebiet entsprechend aussuchen würde. Die obere Grenze der Verwendung liegt für Papier bei etwa 0,1 MHz, bei Faserstoffen, wie Cotopa, Triazetatseide usw., bei etwa 0,2 MHz. Reine Kohlenwasserstoff-Verbindungen (Oppanol) sind bis etwa 1 MHz geeignet. Für Kabel, auf denen noch höhere Frequenzen übertragen werden sollen, kommen nur Styroflex, ein organischer Isolierstoff, in Form von Stützspiralen, und Frequenta, ein keramischer Isolierstoff, in Form von Stützscheiben in Frage. Bei beiden liegt die obere Frequenzgrenze über 5 MHz, so daß sie für Breitband- und Fernsehkabel geeignet sind. R. Feldtkeller.

Fachgruppe A II, Fernmeldetechnik II.

DK 621.39

Die Berichte dieser Fachgruppe waren unter dem Thema „Die Bauelemente der Fernmeldetechnik" vereinigt. Der Vierjahresplan stellt neben den Aufgaben des Werkstoffeinsatzes, die in der Fachgruppe Fernmeldetechnik I behandelt wurden, noch eine zweite Gruppe von Aufgaben, die in der Forderung der Leistungssteigerung zusammengefaßt werden. Hier steht insbesondere die Rationalisierung durch Vereinheitlichung im Vordergrund, also die Ausmerzung unnötiger Typen und die Zusammenfassung von Erzeugnissen für gleiche und ähnliche Anwendungen. Ein erheblicher Teil der Arbeit wird hier auf dem Gebiet der Bauelemente zu leisten sein, also der Teile, aus denen sich die Geräte

oder Anlagen aufbauen und die in ähnlicher oder gleicher Form für die verschiedensten Zwecke benutzt werden.

Die Bauelemente der Fernmeldetechnik können etwa zu den folgenden drei Gruppen zusammengefaßt werden:

1. Die sogenannten Einzelteile, wie Kondensatoren, Spulen, Widerstände usw., die in den verschiedensten Bemessungen in außerordentlich großer Zahl in der Technik angewendet werden.

2. Die zusammengesetzten Elemente, wie Elektromagnete, Relais, Wähler usw., die man meist als Bauteile oder auch als Bausteine bezeichnet, sobald sie eine solche Reife erhalten haben, daß sie bei verschiedenartigen Geräten in gleicher Form angewendet werden.

3. Schließlich können auch gewisse oft wiederkehrende Schaltungen zu den Bauelementen im weiteren Sinne gerechnet werden, z. B. Verstärkerschaltungen, Gegenkopplungs- und Modulationsschaltungen usw.: die Schaltelemente.

Aus diesem großen Gebiet der Bauelemente, das, wie in dem einführenden Vortrag betont wurde, für die Entwicklung und den Stand der Fernmeldetechnik von grundlegender Bedeutung ist, gaben die Berichte einige Ausschnitte.

Der Bericht von Herrn H. Sachse behandelte die niederfrequenten Schaltelemente der Funkfernsprechverbindungen. Aus den besonderen Bedingungen, die sich aus der drahtlosen Übertragung ergeben, insbesondere dem verhältnismäßig geringen Störpegelabstand, sind neue Schaltelemente entstanden, wie Dynamikpresser und -dehner, Rückkopplungssperren und Geräuschminderer, die erst die betriebssichere Durchführung der Funksprechverbindungen ermöglichten.

Als ein weiteres Schaltelement der Fernmeldetechnik behandelte der Bericht des Herrn H. Oltze die kombinierte Strom- und Spannungsrückkopplung in Verstärkern. Die zum Teil bekannten Eigenschaften dieser Verstärker, wie z. B. die Möglichkeit einer Entdämpfung von Schwingkreisen ohne Stabilitätsminderung oder die Möglichkeit der Beeinflussung des inneren Widerstandes ohne Änderung der Verstärkung wurden in anschaulicher Form abgeleitet.

Die beiden wichtigsten Grundelemente der Telephonie sind Mikrophon und Fernhörer. Eine Voraussetzung der hier in den letzten Jahren hinsichtlich der Sprachqualität erreichten Verbesserungen war die Entwicklung von Meßverfahren für die Feststellung der beim Gebrauch des Fernsprechers maßgebenden physikalischen Eigenschaften. Über die Grundlagen und die neuere Entwicklung dieser Messungen berichtete der Vortrag von Herrn W. Janovsky; er zeigte ferner, welche Gesichtspunkte für die Beurteilung der Meßergebnisse an Fernsprechapparaten herangezogen werden müssen.

Der letzte Bericht des Herrn H. Wögerbauer behandelte konstruktive Probleme aus der Fernmeldetechnik. An Hand von Beispielen wurde gezeigt, wie für die Entscheidung der konstruktiven Gestaltung nicht allein die eigentliche Funktionsaufgabe maßgebend ist, sondern meist eine große Zahl von Nebenbedingungen, die diese Entscheidung grundlegend beeinflussen können. Die Beispiele des Motorwählers, des Übersetzers einer Fernschreibmaschine und des Antriebes eines Bildtelegraphenempfängers, die mit Zeitlupenfilmen erläutert wurden, ergaben ein anschauliches Bild von den interessanten Aufgaben des Konstrukteurs auf dem Gebiet der Fernmeldetechnik.

In der Aussprache zu den Vorträgen wurde eine Reihe von Einzelfragen erörtert. K. Küpfmüller VDE.

Fachgruppe A III, Hochfrequenztechnik.

DK 621.396.029.5/.6

Der Einführende, Herr Schwaiger, behandelte zunächst zusammenfassend die Fragen, die heute in der Hochfrequenztechnik von hervorragender Bedeutung sind. Die Hochfrequenztechnik hat sich im Laufe der letzten 15 bis 20 Jahre zu einem sehr umfangreichen und weitverzweigten Teilgebiet der allgemeinen Elektrotechnik entwickelt, dessen Bedeutung den Rahmen der Nachrichtentechnik, in der ihr ursprünglich alleiniges Arbeitsfeld lag, längst gesprengt hat. Sie ist darüber hinaus, sei es wegen der vielseitigen Verwendungsmöglichkeit der Energieform, mit der sie sich beschäftigt, sei es wegen der Vielfalt der Meßverfahren, die auf ihr beruhen, in fast alle technisch-naturwissenschaftlichen Arbeits- und Forschungsgebiete eingedrungen und gewinnt in ihnen auch weiterhin an Bedeutung.

Herr Vilbig VDE trug für Herrn Gerwig und sich über „Modulationsverfahren" vor. Er erörterte zunächst die derzeit verfügbaren Modulationsmöglichkeiten und behandelte hierauf im besonderen die vom Standpunkt der Wirkungsgraderhöhung sehr vorteilhafte Anodenspannungs-B-Modulation, die übrigens neuerlich bei den Rundfunksendern der DRP. an Stelle der bisher verwendeten Gitterspannungs-Modulation verwendet wird. Auch die Einseitenband-Modulation, die im Wirkungsgrad noch günstiger liegt, wurde in den Kreis der Betrachtungen gezogen und begründet, warum dieses Verfahren für Rundfunkzwecke bisher noch nicht verwendet wurde. Mit der Einseitenband-Modulation wird auch das Thema der „ökonomischen Ausnutzung der für sprach- und bildmodulierte Sender vorgesehenen Frequenzbänder" angeschnitten. Abgesehen von den beiden im Referat behandelten wirtschaftlichen Seiten des Modulationsproblems ist auch die Frage der Modulationsqualität durch die Forderung der verzerrungsfreien Übertragung ganz besonders breiter Frequenzbänder, wie sie das Fernsehen benötigt, neuerlich von Bedeutung geworden. Der Vortragende wies auf die bei den deutschen Rundfunksendern und kommerziellen Sendern eingesetzten Modulationsverfahren hin und behandelte u. a. den zweckmäßigen Modulationsgrad und die Bandbreitenersparnis.

Die Entwicklung der Sendertechnik war in den letzten Jahren im wesentlichen auf größtmögliche Leistungssteigerung und Verbesserung des Wirkungsgrades der Sender abgestellt. Beide Ziele führten zunächst zur Entwicklung von Hochleistungsröhren und im Anschluß daran, als die gestellten Forderungen mit Hilfe von Gegentaktstufen nicht mehr erfüllbar waren, zur Parallelschaltung zweier oder mehrerer synchron und konphas gesteuerter Einzelsender an einem gemeinsamen Strahler.

Die beim Bau von Hochleistungsröhren erzielten Höchstleistungen nahmen dabei mit steigender Frequenz ab, weil die für einen selbsterregungsfreien Aufbau nachteiligen inneren Röhrenkapazitäten bzw. Gitterzuleitungsinduktivitäten sowie auch die mit steigender Frequenz ansteigenden Belastungen der Einschmelzstellen durch Blindströme der im Bestfalle erreichbaren Leistung eine mit steigender Frequenz immer niedriger liegende Grenze setzten.

Herr Gehrts VDE als Vortragender sprach zugleich im Namen von Herrn Semm VDE über die Entwicklung der Senderöhren, insbesondere der Endstufenröhren und wies darauf hin, daß diese eng mit der Entwicklung der Sender selbst verknüpft ist. Er legte die wechselseitige Beeinflussung in der Entwicklung der Röhren und Sender, insbesondere bei der jüngsten Entwicklung der Großleistungsröhren, dar.

Die Entwicklung der Antennen ist einerseits mit der praktischen Durchbildung selbststrahlender, möglichst steilstrahlungsarmer Einzelstrahler und anderseits mit der Durchbildung von Richtstrahlern beschäftigt, deren Bedeutung daran erkannt werden mag, daß die letzte

internationale Wellenverteilungskonferenz in Montreux ein Großteil der erfolgten Wellenzuweisungen mit der gleichzeitigen Auflage belegte, eine Richtantenne zu verwenden, die das Horizontal- oder Vertikaldiagramm der in Frage stehenden Station den im gegebenen Fall zu berücksichtigenden Schutzinteressen anpaßt.

Zugleich im Namen des Mitverfassers, Herrn Berndt, trug Herr Moser über „hochfrequente Phasendrehung und Phasenmessung in räumlich entfernten Antennen“ vor. Die Berichterstatter behandelten zunächst ein Gerät zur Fremdsteuerung zweier räumlich getrennter Mittelwellensender bei beliebiger gegenseitiger Phasenlage der Antennenströme. Die mit dieser Anordnung erzielten Richtkennlinien wurden in ihrer Form mit der Berechnung verglichen und ihr Einfluß auf die Ausbreitung untersucht. Schließlich wurde ein Verfahren besprochen, das jederzeit eine rasche und zuverlässige Überprüfung der Phasen in den Einzelstrahlern einer Mehrfachantenne ermöglicht.

Der von Herrn Schüttlöffel zugleich für Herrn Vogt erstattete Bericht über „Die Einfallswinkel der Kurzwellenstrahlung im Überseeverkehr“ behandelte einen Meßempfänger zur Bestimmung der Einfallswinkel von Kurzwellenstrahlungen im Bereich von 15 bis 50 m und teilte Ergebnisse von Messungen mit, die zur Feststellung der Strahlung nordamerikanischer Sender gemacht worden sind. Sie zeigen ein häufiges Auftreten steiler Winkel von etwa 20° gegen die Horizontale, also steilerer Winkel, als man früher annahm. Dies Verfahren läßt sich nach den Darlegungen noch zur Verfolgung von Zustandsänderungen in den für die Fortpflanzung der ankommenden Strahlung in Betracht kommenden Schichten anwenden.

An die Vorträge schloß sich jeweils ein angeregter Meinungsaustausch an, der zur Klärung angeschnittener Einzelfragen diente. G. A. Schwaiger.

Fachgruppe B I, Meßtechnik.

DK 621.317

Die Entwicklung der elektrischen Meßtechnik als geschickter Helferin auf allen Gebieten der industriellen Erzeugung geht immer mehr in der Richtung der Verfeinerung der Meßverfahren. An den Meßtechniker wird heute die Anforderung gestellt, die Messung und Regelung nach kleinsten physikalischen Größen mit möglichst einfachen, robusten Meßgeräten auszuführen. Ohne besondere, an die Bedienung zu stellende Anforderungen soll das Meßinstrument den Ablauf des Erzeugungsvorganges beobachten lassen oder sogar selbsttätig lenken. Die elektrische Meßtechnik hat sich zur Lösung dieser Aufgaben vieler von der physikalischen Forschung her bekannter Hilfsmittel bedient.

So hat uns Herr Briebrecher VDE gezeigt, welche Möglichkeiten die Anwendung der lichtelektrischen Zelle für Feinmessungen bietet. Die Beschreibung einiger Verfahren zeigt das weite Anwendungsgebiet dieses wertvollen Hilfsmittels für viele Meß- und Regelaufgaben. Einige besondere Eigenschaften der lichtelektrischen Zelle, die einer exakten Messung zunächst wenig förderlich sind, werden durch sinnvolle Verfahren ausgeschieden.

Herr L. Merz VDE hatte seine Arbeit ebenfalls in den Dienst allerfeinster Messungen gestellt. Bei den Bestrebungen, die Empfindlichkeit von Spannungsmeßgeräten soweit wie nur möglich zu steigern, kam Herr Merz zu Überlegungen, die ihn an die Grenze des physikalisch überhaupt Möglichen führten. Es gibt eine elektrisch und eine mechanisch bedingte Grenze der Empfindlichkeit, die mit keinem Mittel überschritten werden kann. Was gestern noch eine interessante theoretische Erkenntnis war, ist heute zu einer Rechengröße geworden, die selbst bei Betriebsinstrumenten zur Anwendung kommen kann.

Herr H. Toeller VDE führte uns in die Fortschritte, die auf dem Gebiet der Dreheiseninstrumente gemacht wurden, ein. Man sieht sehr deutlich, wie hierbei die Entwicklung auf dem Gebiete der hochwertigen Eisenlegierungen ebenfalls wieder in den Dienst der Verfeinerung des Meßinstruments gestellt wurde. Die geschickte Anwendung der Nickel-Eisen-Legierungen brachte höhere Genauigkeit und hat außerdem einen wertvollen Beitrag zu der umstrittenen Frage des Fremdfeldschutzes geliefert.

Herr F. Lieneweg schließlich zeigte uns, welche Bedeutung die elektrische Meßtechnik für die Überwachung des Kesselhausbetriebes erlangt hat. Hier hat es sich besonders schön ergeben, daß selbst allerempfindlichste Meßmethoden zu Betriebsverfahren ausgebildet werden können. Solche Geräte haben den gewiß großen Anforderungen des Kesselhauses zu widerstehen, und von ihrer guten Funktion hängen große wirtschaftliche und technische Werte ab.

Die verhältnismäßig geringe Zahl der Diskussionsfragen läßt mit Recht darauf schließen, daß sich die Vortragenden ihrer Aufgaben in vollem Umfang entledigten, was auch der lebhafte Beifall bewies. Besonders interessant war die Wechselrede zwischen Herrn Toeller als Vortragendem und Herrn Merz als Diskussionsredner, die infolge Zeitmangels nicht zu Ende geführt werden konnte. Im ganzen zeigen die Vorträge wohl recht deutlich, eine wie große Zahl von Möglichkeiten, der Wirtschaft zu dienen, noch in der Meß- und Regeltechnik stecken, so daß man die Arbeit auf diesem Gebiet nur stets fördern kann. M. Schleicher VDE.

Fachgruppe B II, Luftfahrt.

DK 621.3 : 629.13

Elektrizität findet im Flugzeug, wie der Einführende darlegte, ihre Hauptanwendung auf dem Gebiet der Ausrüstung. Diese dient vor allen Dingen den beiden wichtigsten Aufgaben der Luftfahrt:

1. Überwachung und zum Teil in immer steigendem Maße der automatischen Aufrechterhaltung des Flugzustandes und Überwachung des Antriebs.
2. der horizontalen und vertikalen Navigation.

Gerade der zweite Aufgabenkomplex hat in den letzten Jahren immer mehr Lösungen durch hochfrequente Geräte gefunden. Wenn schon hierdurch ein erhebliches Anwachsen der elektrischen Ausrüstung der Flugzeuge bedingt war, so ist ein weiterer Bedarf an elektrischer Energie durch die Umstellung mancher bisher mit anderen Mitteln angetriebener Einrichtungen auf elektrischen Betrieb aufgetreten. Die Hauptforderung an die gesamte Ausrüstung ist die der unbedingten Sicherheit des Arbeitens, die bei geringstem Gewichts- und Raumaufwand erreicht werden und dennoch eine leichte Wartbarkeit ermöglichen soll.

Herr H. Viehmann VDE schilderte in seinem Vortrag, wie die Lösung dieser Forderungen beim Bordnetz erreicht wird. Auch hier stand, wie in der übrigen Elektrotechnik, die Frage des Austausches von ausländischen Rohstoffen im Vordergrund. Der Leiter (wegen der Erschütterungen aus Einzeldrähten zusammengesetzt) der Luftfahrtleitungen besteht zur Zeit noch aus Kupfer. Während bei den Niedrigspannungsleitungen die Verzinnung dieser Litze durch eine Bespinnung z. B. mit Cuprophan ersetzt wurde (wobei die frühere Baumwoll- oder Kunstseidenbespinnung wegfällt), mußte bei den Hochspannungsleitungen die Verzinnung bleiben, da kleine Hohlräume zwischen Leiter und Glashaut bei den hohen Spannungen die Bildung von für Gummi schädlichem Ozon ermöglichen. Für die Beflechtung des Isolationsgummis wird neuerdings Zellwolle benutzt, die eine gleichmäßigere

Lackierung als die frühere Baumwollbeflechtung gestattet.

Das für die Funkabschirmung verwendete Geflecht aus Leichtmetalldrähten (z. B. Legal I oder Aldrey) hat sich als korrosionsfest erwiesen.

Die Isolation der Drähte für elektrische Maschinen wird in steigendem Maße mit Glaswolle ausgeführt. Für thermisch beanspruchte Leitungen (— 60 ° bis + 60 ° C, bei Hochspannungszündleitungen bis 150 ° C!) bringt die Verwendung von künstlichem Kautschuk eine günstige Lösung, während für Fernmelde- und Meßleitungen auch nichtvulkanisierbare Kunststoffe genügen.

Der Austausch der Kupferleiter durch Leichtmetalleiter ist an die Lösung der Frage der Klemmverbindungen gebunden. Wenn auch die Güte der Kupferklemmverbindungen nicht zu erreichen ist, so können doch Leichtmetallklemmen zuverlässig und brauchbar eingesetzt werden, wenn zum Überzug der Drähte ein edleres Metall verwendet wird. Die schädliche Wirkung des Aluminiumoxyds, das sich nach Reinigen des Drahtes in kurzer Zeit wieder bildet, konnte vom Vortragenden in einer anschaulichen Versuchsreihe bewiesen werden: Eine wechselnde Gewichtsbelastung der Klemmverbindungen ergab keine Verschlechterung des Kontaktes, wenn die Verbindung in eine das Aluminiumoxyd lösende Flüssigkeit, z. B. Natronlauge, eingebettet war.

Bei den Fragen der Funkentstörung ging Herr Viehmann vor allem näher auf das Verhalten des Erdwiderstandes ein, der infolge schlechten Abbindens einzelner Flugzeugteile erheblich schwanken kann.

Der Vortrag von Herrn E. Harmening VDE über elektrische Probleme beim Höhenflug berichtete über in der Hauptsache in der DVL ausgeführte Untersuchungen. Infolge der Abnahme der elektrischen Festigkeit der Luft mit wachsender Höhe treten bei normalen Zündkerzen im Vollastbetrieb Störungen zwischen 7600 bis 9200 m auf. Zur Abhilfe stehen zwei Wege offen: Verlängerung des Kerzenisolators und (gegebenenfalls zusätzlich) eine Abschirmung der Kerze nach außen, wobei durch eine geringe Undichtigkeit gegen den Motor ein Überdruck unter der Kerzenhaube entsteht.

Bei der Stromversorgung treten Schwierigkeiten bei den elektrischen Maschinen durch eine erhöhte Bürstenabnutzung in größeren Höhen auf (vermutlich infolge der erhöhten Reibung, die durch die geringere absolute Feuchtigkeit der Luft in größeren Höhen bedingt ist). Die Funkanlagen für Höhenflug werden zweckmäßig in der druckfesten Kabine untergebracht. Die immer außerhalb befindliche Antennenanlage muß vor allem gegen Vereisung geschützt werden. Da ein Eisansatz mit tragbaren Mitteln nicht zu vermeiden ist, kommt es darauf an, durch günstige Formgebung das Zusammenwachsen des Eises zwischen Antennendraht und Flugzeughaut über den Isolator zu verhindern. Harmening führte die Bilder der im Vereisungskanal geprüften Isolatoren vor: ein Abspannisolator aus Plexiglas, der durch eine Kappe in windschnittiger Form geschützt ist und ein Durchführungsisolator, der eine Überschlagsspannung von 18 kV besitzt und durch seine günstige aerodynamische Form den Luftstrom so leitet, daß nur geringer Eisansatz zustande kommt.

Besonders interessant waren die Ausführungen über die Aufladung von Luftfahrzeugen, die ja auch bei dem Brandunglück des Luftschiffes Hindenburg eine entscheidende Rolle mitgespielt hat. Es kann sowohl Fremd- als auch Eigenaufladung bis zu so hohen Spannungen stattfinden, daß durch die an Spitzen und Kanten des Flugzeugs auftretenden disruptiven Aufladungen ein Funkempfang unmöglich wird. Die in der DVL entwickelten und im Flugbetrieb der Lufthansa praktisch erprobten Spitzenentlader können infolge ihrer niedrigen Einsatzspannung von rd. 3000 V sogar an der Empfangsantenne selbst angebracht werden.

Herr W. Hofmann sprach über die elektrische Ausrüstung eines Großflugzeugs. Die Arbeit des Ausrüstungskonstrukteurs wird von folgenden Gesichtspunkten geleitet:

1. Ausführbarkeit der Schalt- und Montagearbeiten (diese Frage wurde vom Vortragenden in der Aussprache durch schöne Lichtbilder aus dem Fabrikationsgang besonders beleuchtet),
2. Bedienbarkeit,
3. Wartbarkeit.

Die Netzspannung im Flugzeug beträgt jetzt noch 24 V und erscheint auch für den zu erwartenden Leistungsbedarf von etwa 8 bis 10 kW für das nächste Großflugzeug noch ausreichend. Auch die in Amerika laufenden Versuche, auf Wechselspannung von 110 V, 800 Hz überzugehen, haben noch keine überzeugenden Ergebnisse gebracht. Die Leitungsverlegung geschieht in Deutschland zweipolig, da hierdurch eine größere Sicherheit und leichtere Funkentstörung erreicht wird. Die Kabelstränge liegen in Leichtmetallkästen, die gute Zugänglichkeit gewährleisten. Der Durchbildung guter Steckverbindungen wird besondere Sorgfalt gewidmet, um z. B. die Forderung eines Motorenwechsels in 40 min erfüllen zu können. Die Energie wird erzeugt von Generatoren (2 kW), deren Drehzahl zwischen 4000 und 6000 U/min schwankt und deren Spannung innerhalb dieses Bereiches durch Tirrill-Regler konstant gehalten wird. Die Generatoren arbeiten in einfacher Nebenschlußschaltung. Das Netz selbst ist durch Sammler von rd. 75 Ah gepuffert. Die Zunahme der elektrischen Ausrüstung wurde vom Vortragenden eindrucksvoll durch eine Übersicht der Junkers-Flugzeuge gegeben: Die G 24 im Jahre 1923 mit 9 Fluggästen hat sich jetzt zur Ju 90 mit 40 Fluggästen entwickelt. Einem Leistungsverbrauch von 300 W mit rd. 100 kg Gewicht stehen heute 6500 W mit ½ t Gewicht gegenüber. Die Leitungslänge in der Ju 90 beträgt 8200 m, zu denen 3900 Kabelanschlüsse gehören! Der Vortragende beschrieb anschließend in übersichtlicher Weise mit sehr gut ausgewählten Lichtbildern die elektrische Anlage der Ju 90 und ging zum Schluß noch besonders auf die für die Flugsicherheit unbedingt notwendige FT-Ausrüstung ein.

Der letzte Vortrag von Herrn W. Fischer über neuere elektrische Drehspulinstrumente beleuchtete ein Bauprinzip für elektrische Instrumente, das zunächst für die Bedürfnisse der flugzeugtauglichen Bordmeßgeräte untersucht wurde, sich jetzt aber als geeignet erweist, auch in den übrigen Gebieten der Instrumententechnik Eingang zu finden:

Bei einer Magnetanordnung kann man im Nutzluftspalt eine möglichst große magnetische Energie auf folgenden Wegen erreichen:

1. Verwendung energiereichster Magnetstähle,
2. richtiges Abstimmen der Magnetdaten,
3. Anwendung von Magnetanordnungen mit möglichst geringer Streuung (was für die Luftfahrt eine erwünschte geringe Kompaßbeeinflussung mit sich bringt).

Die zweite und dritte Forderung lassen sich am besten durch Zylinderkernmagnet-Anordnungen erfüllen. An Hand zahlreicher experimenteller Ergebnisse wies der Vortragende nach, daß es bei dieser Anordnung möglich ist, nur durch Änderung der einfach durchzuführenden Magnetisierung des Kerns eine beliebig vorgeschriebene Änderung des Luftspaltfeldes zu erreichen. Ein ausgeführtes Drehspulgerät zeigte bei einem Scheibendurchmesser von 48 mm ein über 120 ° homogenes Luftspaltfeld,

wobei der Temperaturgang des Kupferrähmchens durch einen magnetischen Nebenschluß kompensiert ist.

Das Gesamtgewicht des Systems beträgt rd. 60 g bei rd. 17 g aufgewendetem Magnetmaterial.

Die gut besuchte Veranstaltung brachte zu allen Vorträgen eine lebhafte Aussprache, an der sich vor allem Vertreter der Lufthansa, der DVL, der Flugzeugindustrie und der Instrumentenindustrie beteiligten.

F. Lange.

Fachgruppe B III, Elektrowärme.

DK 621.365.4

Aus dem zusammenfassenden Bericht des Einführenden ging hervor, daß die Stromabgabe für Elektrowärmezwecke im Jahre 1938 weiter erfolgreich gestiegen ist. Nach Ermittlungen der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung betrug im Jahre 1938 bei einer Gesamtstromabgabe der öffentlichen Elektrizitätsversorgungsunternehmen von 32 Mrd kWh der Absatz für industrielle Wärme 8,25 Mrd kWh. Von dem gesamten deutschen Stromverbrauch einschließlich der eigenen Anlagen der Industrie von 55,8 Mrd kWh kann ein Verbrauch von etwa 10,5 Mrd kWh für industrielle Wärme und etwa 1,5 Mrd kWh für Haushaltswärme, Schweißen und die übrigen Wärmeverbrauche, insgesamt also 12 Mrd kWh geschätzt werden. Diese Steigerung auf etwa den sechsfachen Wert gegenüber den entsprechenden Zahlen vom Jahre 1932 ist beträchtlich größer als die der meisten anderen Industrien.

An Widerstandsöfen ist nach Ermittlungen des Elektrowärmeinstitutes Essen im Jahre 1938 von der deutschen Elektroofenindustrie eine Leistung von 176 000 kW neu installiert worden gegenüber einer Leistung von 153 000 kW im Vorjahr. Die Aluminiumerzeugung erforderte mit etwa 150 000 t allein einen Stromverbrauch von 3,6 Mrd kWh. Bei den Lichtbogenöfen ist die Entwicklung des „Solutierverfahrens" zur Vergasung von Metallen im Lichtbogenofen zu erwähnen, bei den Niederfrequenz- und Induktionsöfen solche für Leichtmetallgießerei und Graugußüberhitzung mit Fassungsvermögen bis zu 2 t. Von den Widerstandsöfen sind aus der Stahlindustrie neue Blankglühanlagen und Durchlauföfen, ferner Luftumwälzöfen bis zu Temperaturen von 750 °C bemerkenswert. In der Leichtmetallindustrie haben Salzbadvergütungsöfen und Schmelzöfen weitere Fortschritte gemacht. Aus der keramischen und Glasindustrie sind neue diskontinuierliche Brennöfen mit neuartiger Heizung und Isolierstoffen bei sehr niedrigem Stromverbrauch zu erwähnen. Auch die elektrische Holztrocknung macht Fortschritte. Bei der Haushaltselektrowärme stehen Werkstoff- und Umstellungsfragen im Vordergrund. Für die elektrische Raumheizung sind neuerdings wieder keramische Speicherheizöfen genommen worden.

Die einzelnen Vorträge waren der Behandlung der Heizleiterfrage von Widerstandsöfen gewidmet.

Herr W. Fischer VDE sprach über „Die Lebensdauerprüfung metallischer Heizleiter". Er beschrieb eingehend die bisher in Amerika, England und Deutschland verwendeten Prüfverfahren und begründete die Notwendigkeit einer gemeinsamen Prüfnorm. Durch Zusammenarbeit deutscher Fachkreise ist nunmehr unter Führung des Elektrowärmeinstitutes Essen eine einheitliche Prüfnorm, die die heute immer noch bestehenden Fehlerquellen bei der Lebensdauerprüfung der Heizleiter soweit wie möglich beseitigt, entwickelt worden. Es werden hierfür Wendel aus 0,4 mm starkem Draht in horizontaler Lage bei Konstanthaltung der optisch gemessenen Temperatur von 1050 °C sowie einer Ein- und Ausschaltzeit von 2 min verwendet.

Herr W. Hessenbruch berichtete über „Die Entwicklung der Heizleiterlegierungen in den letzten zehn Jahren". Durch die Verfeinerung der Schmelztechnik in Hochfrequenzöfen und durch das Vakuumschmelzverfahren, ferner in den letzten Jahren insbesondere durch Zulegierungen kleiner Beimengungen von Kalzium, Cer und Thorium sind außerordentliche Verbesserungen bezüglich der Lebensdauer der Chromnickellegierungen erreicht worden. Die Vergleichswerte sind sowohl bei den eisenfreien wie auch den eisenhaltigen Chromnickellegierungen als auch den Chrom-Aluminium-Eisen-Legierungen gegenüber den entsprechenden Zahlen aus dem Jahre 1930 15- bis 20fach günstiger. Die entsprechenden Beimengungen, die nur in Größenordnungen von 0,02 bis 2 Atomprozent liegen, bewirken eine bessere Haftung der Oxyde und eine Verringerung der Diffusionsgeschwindigkeit der Metall-Ionen durch die Oxydhaut nach außen. Gleichzeitig konnte die höchste Grenztemperatur für die Heizleiter auf 1050 °C für Chromnickelstähle, auf 1100 °C für eisenhaltiges Chromnickel und 1200 °C für eisenfreies Chromnickel gesteigert werden. Ferner wurden die mechanischen Eigenschaften bei Chrom-Aluminium-Eisen-Legierungen erheblich verbessert.

Herr F.-J. Mann sprach „Über den heutigen Stand der Silitheizstäbe". Er ging nach einem Überblick über die geschichtliche Entwicklung auf die wichtigsten Eigenschaften dieser keramischen Heizstäbe bezüglich Widerstand, Temperaturcharakteristik und Alterung ein. An Hand von Kurven behandelte er die Zusammenhänge zwischen Staboberflächentemperatur, Stabinnentemperatur, spezifischer Ofenbelastung, Ofenraumtemperatur und Lebensdauer der Stäbe. Die Erfahrungen haben gezeigt, daß unzulässig hohe Temperaturunterschiede zwischen dem Innern und der Oberfläche des Stabes unbedingt vermieden werden müssen. Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse sind auch Staboberflächentemperaturen von 1450 °C bei hoher Lebensdauer zulässig. Der Einfluß verschiedener Gase kann die Lebensdauer heruntersetzen; als günstiges Schutzgas hat sich ein Gemisch von 80 % N_2, 12 % CO_2, 5 % CO und 2 % H_2 bewährt. Die neuen Stirnkontaktstäbe sind ähnlich den bekannten amerikanischen Globarstäben ausgeführt und haben sich gut bewährt. Sie zeigten in Großöfen eine geringe Alterung bei Lebensdauerzahlen von 5000 bis 6000 Stunden.

Herr R. Kieffer und Herr Fr. Krall berichteten über „Elektrische Industrieöfen mit Molybdänbeheizung". Diese Öfen sind schon seit längerer Zeit bekannt, sind aber wegen der Notwendigkeit eines Schutzgasbetriebes bisher nur hauptsächlich als Laboratoriumsöfen verwendet worden. Neuerdings konnten jedoch größere Industrieöfen für Temperaturen bis zu 1600 °C hinauf in dem Werk der Vortragenden betriebssicher und wirtschaftlich entwickelt werden. Die hohe Oberflächenbelastung und hohe Warmfestigkeit der Heizkörper wirkt sich insbesondere bei den verwendeten starken Querschnitten sehr günstig aus. Die Öfen werden mit Transformatoren betrieben. Es werden wassergekühlte Anschlußbolzen verwendet. Bei geeigneter Ofenausführung ist der Schutzgasverbrauch sehr gering. Es wurden die verschiedenartigsten Industrieöfen in der Ausführung als Kammeröfen, Schacht- und Schmelzöfen, Durchlauföfen im Lichtbild vorgeführt und Betriebswerte angegeben, die die Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit dieser neuartigen Öfen veranschaulichten. Sie scheinen berufen zu sein, die bisher im Widerstandsofenbau klaffende Lücke für Anwendungstemperaturen von 1300 bis 1800 °C erfolgreich zu schließen.

Die vier Vorträge und die sehr rege Aussprache gaben ein umfassendes Bild über den heutigen Stand der Heizleiterfrage und die neueste Entwicklung. Man konnte den Eindruck gewinnen, daß hier sehr intensive Arbeit von seiten der deutschen Industrie geleistet wird, so daß auch die zukünftige Entwicklung auf diesem Fachgebiet weitere Erfolge verspricht.

H. Masukowitz VDE.

Fachgruppe C I, Schaltanlagen und Schaltgeräte.

DK 621.316.3./5

Die vier Vorträge sollten einen Querschnitt durch die heutige Netz- und Schaltanlagentechnik auf den verschiedenen Gebieten der Stromerzeugung und des Stromtransportes geben. In seiner Einführung wies Herr G. Meiners VDE auf die heutige Bedeutung der durch zunehmende Stromerzeugung und Verkupplung der Netze entstehenden wachsenden Kurzschlußleistungen und ihre Beherrschung hin. Für den nachträglichen Einbau von Sammelschienen-Drosselspulen empfahl der Genannte eine bekannte, aber in Deutschland bisher kaum angewendete Schaltung, bei der die Sammelschienendrosseln nicht im Zuge der Sammelschienen, sondern in Abzweigleitungen eingebaut sind. Diese Schaltung bringt für den nachträglichen Einbau große Erleichterungen und ist elektrotechnisch der bei uns üblichen Anordnung gleichwertig. Der Einführende machte dann noch auf die folgenden, in den einzelnen Fachberichten näher behandelten Punkte aufmerksam.

Die Metalldampferscheinungen bei Zellenkurzschlüssen sind bei den heutigen Kurzschlußleistungen viel heftiger, als viele Fachleute glauben. Es ist dringend zu raten, in großen Anlagen Ventilationseinrichtungen für die schnelle Entlüftung der verqualmten Schaltanlagen vorzusehen. In den großen Anlagen werden heute häufig Dreifachsammelschienen an Stelle der Doppelsammelschienen eingebaut. Beim Bau von Kraftwerks- oder Umspannwerkswarten pflegt man nicht mehr die Schutzrelais für die Hochspannungsabzweige zentral in einer bei der Betätigungswarte liegenden Relaiswarte anzuordnen, sondern man ist in den meisten Fällen dazu übergegangen, diese Relais in nächster Nähe der Hochspannungsschalter und deren Stromwandler auf der Hochspannungsschaltwand unterzubringen. Aus luftschutztechnischen Gründen vermeidet man lange Leitungen zwischen Schalter, Stromwandler und Relais und faßt dieselben an einer Stelle zusammen.

In seinem Vortrag über Verbundnetz-Hochspannungs-Schaltanlagen behandelte Herr Freiberger VDE die heutigen Schaltungen großer Schaltanlagen, insbesondere den Kuppelschalter. Diese Sammelschienen-Längskuppelschalter werden sehr verschieden ausgebildet. Man findet Anordnungen von zwei einfachen Trennschaltern und von sehr umfangreichen Schalterkombinationen mit bis zu zwölf Schaltern. In dem Vortrag wurde auf die Bedeutung der Zugänglichkeit der einzelnen Geräte während des Betriebes hingewiesen. Die verschiedenen grundsätzlichen Anordnungen, die klassische Bauweise, die RWE-Bauweise und die Kiellinienbauweise wurden erläutert.

Herr Russell wies an einigen praktischen Beispielen nach, daß es möglich ist, durch Verbesserung der Vermaschung von Mittelspannungsnetzen mittlerer Städte und von Gebieten mit verteilter Industrie und Landwirtschaft eine bedeutend bessere Ausnutzung dieser Netze zu erzielen. Diese zunehmende Vermaschung setzt die umfangreiche Anwendung guter Netzschutzrelais voraus. Der Hinweis ist in der heutigen Zeit besonders wichtig, weil es möglich ist, neue Hochspannungsanschlüsse durch eine bessere Vermaschung des Mittelspannungsnetzes zu ersetzen. In der Aussprache wurde von Herrn Titze VDE darauf hingewiesen, daß in manchen Netzen eine weitere Vermaschung wegen der hierbei unzulässig anwachsenden Kurzschlußleistungen nicht möglich sei. Der Vortragende stellte fest, daß dies für die Netze, die in seinem Vortrag behandelt seien, noch nicht der Fall sei, das treffe vielmehr nur für die Netze großer Städte zu. Eine selbsttätige Erdschlußabschaltung hält Herr Russell für die von ihm behandelten Netze nicht für zweckmäßig oder nötig.

Über das Gebiet der Mittelspannungs-Schaltanlagen für großstädtische Netze berichtete Herr Eisert VDE. Der Vortragende erläuterte den heutigen Aufbau der Schaltanlage großer Leistung und wies auf die Notwendigkeit des Lichtbogenschutzes, die Zweckmäßigkeit von Trennschalter-Verriegelungseinrichtungen und die Wichtigkeit exakter Stellungsmeldungen der Trennschalter hin. Er betonte, daß in dieser Beziehung die Forderungen der VDE-Vorschriften noch nicht weit genug gingen. Die Hochspannungs-Bedienungsschaltwand mit ihren vor den Hochspannungszellen angeordneten Steuer- und Relaisschränken ermöglicht die Unterbringung der Leitungsschutz-Relais in leicht zugänglicher und praktisch staubsicherer Weise in nächster Nähe der Leistungsschalter und Stromwandler. Der heutige, sehr betriebssichere Aufbau der Abzweigdrosselspulen läßt es nach Ansicht des Berichterstatters möglich erscheinen, die Abzweigdrosselspulen zwischen Sammelschienen und Leistungsschalter anzuordnen.

Aus dem Vortrag von Herrn Courtin VDE über Industrie-Mittelspannungs-Schaltanlagen ging hervor, daß sich die Technik der Industrie-Schaltanlage der Technik der Schaltanlagen der öffentlichen Stromversorgung weitgehend angeglichen hat. Mit Rücksicht auf die Verschmutzungsgefahr werden die Anlagen meistens in Gebäuden untergebracht. Die Anwendung von Mitteln und Schaltungen zur Kurzschlußstrombegrenzung werden heute auch in der Industrie angewendet, um die Anlage möglichst weitgehend im Parallelbetrieb zu fahren, während früher das Getrenntfahren üblich war. Besonders schwierige Probleme, wie die Umgestaltung von Anlagen mit zu niedriger Betriebsspannung (5 kV), die Entlastung der Hauptschaltanlage großer Leistung durch die Schaffung von Unterverteilungen und die Verlegung von Hochstrom-Sammelschienen, vorzugsweise in U-Form, wurden behandelt. Mit der Verwendung von Trockenumspannern und deren Schutzeinrichtungen liegen bereits Erfahrungen vor. Im Bilde wurde eine schlagwettergeschützte Anlage mit Expansionsschaltern gezeigt. In der Aussprache erläuterte Herr Westerhoff einen schlagwettergeschützten Hochspannungs-Schaltschrank mit einem Druckgasschalter als Leistungsschalter.

G. Meiners VDE.

Fachgruppe C II, Installation.

DK 621.316.5 + .9

Die vier Fachberichte dieser Gruppe zeigten eine einheitliche Ausrichtung nach dem Gesichtspunkt der selektiven Fehlerabtrennung im Niederspannungsnetz. In der Einführung wies Herr Besold VDE darauf hin, daß er bereits zur VDE-Jahresversammlung in Stuttgart 1934 in einem Fachbericht behandelt und damals nachgewiesen hatte, daß ebenso wie im Hochspannungsnetz auch im Niederspannungsnetz es möglich ist, die verschiedenen in Reihe liegenden Schaltorgane so aufeinander abzustimmen, daß die selektive Fehlerabtrennung erreicht wird. Die Voraussetzung hierfür ist allerdings, daß die Auslöseorgane der Selbstschalter und die Schmelzsicherungen nach ganz bestimmten Richtlinien gebaut sind. In den letzten zehn Jahren haben gerade die Schmelzsicherungen in Gestalt der geschlossenen Patronensicherungen eine solche technische Vervollkommnung erreicht, daß sie bezüglich der Einhaltung genauer Abschmelzzeiten den Anforderungen in neuzeitlichen Verteilungsnetzen genügen.

Herr E. Grünwald VDE gab in seinem Bericht bekannt, daß bei den neuen Vorschriften für Schmelzsicherungen Sicherungen mit flinker und träger Charakteristik unterschieden werden und für träge Patronen erstmalig genaue Vorschriften für die Selektivität solcher Patronen aufgestellt worden sind. Es sind besondere Prüfverfahren eingeführt, mit deren Hilfe die Charakteristik der Schmelzsicherungen aufgestellt und eine bestimmte Breite des Streubandes verbürgt ist. Auch die

Anforderung an die Schaltleistung wird in den neuen Vorschriften erhöht.

Im zweiten Fachbericht machte Herr H. Walther VDE Mitteilungen über Fortschritte bei der Durcharbeitung der IS-Schalter und erwähnte, daß auch die Leitsätze für IS-Schalter neu bearbeitet worden sind.

Bei der Überarbeitung der Bestimmung für die Stromzeitlinien für diese Schalter wurden die Selektivitäts-Bedingungen ebenfalls genauer erfaßt und die Grenze für das Zusammenarbeiten mit Schmelzsicherungen enger gezogen. Es ist interessant, daß angeblich in den ersten Jahren des Erscheinens der IS-Schalter auf dem Markt diese Schalter im Inland und im Ausland erst einen bestimmten Widerstand in manchen Verbraucherkreisen haben überwinden müssen, bis sie sich durchgesetzt haben. Heute aber kann festgestellt werden, daß sie technisch eine Vervollkommnung erreicht haben, die ihnen eine sehr große Verbreitung sichert. Hierfür war allerdings notwendig, daß gerade über das Zusammenarbeiten mit vorliegenden Schmelzsicherungen, z. B. Hausanschlußsicherungen, eingehende Versuche angestellt worden sind, die schließlich eine Sicherheit für das richtige Zusammenarbeiten in der Anlage ergeben und Störungen, wie sie anfänglich bei Kurzschlüssen in den Stromkreisen durch das vorzeitige Abschalten der vorliegenden Sicherungen eingetreten sind, beseitigt haben.

Herr H. Schachtner VDE zeigte in seinem Fachbericht, daß auch für den Motorschutzschalter die Forderung nach Selektivität wichtig und wirtschaftlich bedeutungsvoll ist. Er gab an Hand von Richtlinien einen Einblick in Versuche, die der Konstrukteur vorgenommen hat, um zur Erreichung einer günstigen Selektivität die Geschwindigkeit des Ausschaltens zu erhöhen. Er zeigte Sonderkonstruktionen, bei denen durch besondere Vorkehrungen die Eigenzeit der Schalter auf ein sehr geringes Maß herabgedrückt worden ist. Besonders interessant war die Aussprache nach diesem Vortrag, in der die Frage wieder aufgerollt wurde, ob es richtiger ist, Motorschutzschalter mit Schnellauslösung oder solche ohne Schnellauslösung, aber mit vorgeschalteten Schmelzsicherungen zu verwenden. Es konnte festgestellt werden, daß in Netzen mit großen Kurzschlußleistungen die den Kurzschlußschutz übernehmenden Schmelzsicherungen vor dem Motorschutzschalter es ermöglichen, in solchen Netzen mit leichteren Schalterkonstruktionen auszukommen. Anderseits wurde behauptet, daß vor allem im Kleingewerbe der Motorschutzschalter mit Schnellauslösung vorteilhaft wäre.

Im vierten Fachbericht sprach Herr H. Kroemer VDE über Niederspannungs-Hochleistungssicherungen als Gruppensicherungen. Bei diesen Hochleistungssicherungen waren die Gesichtspunkte für das selektive Zusammenarbeiten mit den übrigen Sicherungsorganen und Selbstschaltern im Netz von ausschlaggebender Bedeutung für die Konstruktion. Es wurde gezeigt, daß die Kennlinien dieser Sicherungen mit den Kennlinien der von Herrn Grünwald behandelten flinken und trägen Schmelzsicherungen übereinstimmen. Der Einbau der Gruppensicherungen in der Nähe der Sammelschienen verlangt eine sichere Beherrschung hohen Schaltvermögens. Auch diese Gesichtspunkte wurden bei dem Bau der Sicherungen ganz besonders berücksichtigt. Obwohl die Hochleistungssicherungen erst seit verhältnismäßig kurzer Zeit Eingang in die Praxis gefunden haben, haben sie sich doch vorzüglich bewährt. Mit ihrer Hilfe war es möglich, die Betriebssicherheit großer Netze mit hohen Kurzschlußleistungen zu erhöhen und ihren Ausbau wirtschaftlich zu gestalten.

In dem Schlußwort faßte der Einführende nochmals zusammen, daß die vier Fachberichte zeigen, daß auf diesem Gebiet in den letzten Jahren ganz erheblich gearbeitet worden ist und daß wir heute auch im Niederspannungsnetz bei richtiger Abstimmung der in Reihe liegenden Sicherungsorgane das erreicht haben, was hinsichtlich der selektiven Abschaltung schon seit Jahrzehnten im Hochspannungsnetz eine Selbstverständlichkeit ist. H. Besold VDE.

Fachgruppe C III, Kraftwerke.

DK 621.311

In der Einführung teilt Herr A. Rachel VDE zunächst mit, daß infolge außenliegender Schwierigkeiten von den vier vorgesehenen Fachberichten leider zwei wegfallen mußten, so daß der einheitliche Leitgedanke der Fachgruppe, nämlich Verbundbetrieb von Dampf- und Wasserkraftwerken, gelitten hat.

Er wies darauf hin, daß das Kennzeichnende der Entwicklung der Elektrizitätsversorgung als Ganzes die stete rasche und sichtbare Fortentwicklung des Verbundbetriebes ist, und legte im einzelnen nochmal klar, welche Gründe hierfür maßgebend seien. Weiter zeigte er die Entwicklungslinien im einzelnen kurz auf, die den Dampfkraftwerks- und Wasserkraftwerksbau technisch und wirtschaftlich zur Zeit kennzeichnen.

Es folgte dann der Vortrag von Herrn W. E. Wellmann über „Neue Gesichtspunkte für die Einrichtungen der Betriebsüberwachung von Kraftwerken". Der Vortragende behandelte in außerordentlich systematischer Weise die Fortentwicklung der Betriebsüberwachung der elektrischen Anlagen eines Kraftwerkes in Richtung der Überwachung der wärmetechnischen Anlageteile. Er brachte zum Ausdruck, daß es an der Zeit sei, die hier neu entstehende Aufgabenstellung zu analysieren und eine allgemeine und begründete Auffassung darüber zu schaffen, wo bei dieser Überwachung von Hand oder selbsttätig gesteuert und wo geregelt werden solle. An den Vortrag schloß sich eine sehr lebhafte und ausgedehnte Aussprache, die bei der Fülle der von dem Vortragenden behandelten Gesichtspunkte und bei der Neuigkeit dieser ganzen Zusammenhänge das Thema naturgemäß nicht annähernd erschöpfen konnte, so daß nach Ablauf der für die Aussprache vorgesehenen Frist der Einführende auf schriftliche Diskussionsbeiträge und auf eine Weiterbehandlung des ganzen Problems in Schrift und Vortrag verwies.

Zunächst sprach in der Diskussion Herr Semdilis, Hamburg, vom Standpunkt des Dampfkesselüberwachungsingenieurs. Seine Ausführungen gipfelten in der Forderung, das Dampfkesselpersonal planmäßiger und weitergehend als bisher fachtechnisch auszubilden. Dann würden die vom Vortragenden behandelten Grundfragen in der Praxis überhaupt leichter einer befriedigenden Erledigung zugeführt werden können. Anschließend sprach Herr Meiners, Berlin, in erster Linie vom Standpunkt des Konstrukteurs und Erbauers von elektrischen Warten. Er zeigte, daß nach einem Zeitabschnitt übergroßer Zentralisierung in den elektrischen Warten (z. B. auf der Relaisseite) jetzt deutliche Ansätze vorhanden seien, die Zentralisierung der Einrichtungen in der elektrischen Warte wieder auf das unbedingt notwendige Maß zu bringen. Er schloß daraus, daß man, wenn man heute die wärmetechnische Überwachung von Kraftwerken verstärken und mehr zentralisieren wolle, sich vor einem Übermaß hüten müsse.

Herr Schneider, Dresden, äußerte sich zu den Gedankengängen des Herrn Meiners vom Standpunkt der Erfahrung des Betriebsmannes und äußerte Bedenken gegen eine allzu starke Zentralisierung in Richtung von sogenannten Wärmewarten. Herr Mockisch, Wien, sprach sich ebenfalls zu der Frage Elektro- und Wärmewarte im einzelnen aus und hält eine gesunde Vereinigung von beiden für einen empfehlenswerten Weg. Schließlich äußerte sich noch Herr Koch, Ludwigshafen, ausführlich vom Standpunkt der Betriebserfahrung zu der zweck-

mäßigsten Lösung der Frage der stärkeren Betriebsüberwachung auf wärmetechnischem Gebiet.

Da die Diskussion aus Zeitmangel hier abgebrochen werden mußte, appellierte der Einführende an die Fachgenossen, doch den Meinungsaustausch in dieser Frage in geeigneter Weise, sei es durch Vorträge, sei es durch Arbeiten im Schrifttum, fortzusetzen, da nur so die projektierende und herstellende Industrie eine wirkliche Klarheit über die einzuschlagende Linie auf dem Gebiet der sogenannten Wärmewarten bekommen werde.

Es folgte nunmehr der Vortrag des Herrn Bobeck VDE über „Neuzeitliche Anordnung von Wasserkraftgeneratoren in Niederdruck-Wasserkraftwerken“. Unter Hinweis auf die zur Zeit starke Entwicklung des Wasserkraftwerksbaues schilderte der Vortragende an Hand von Beispielen, wie durch enge Zusammenarbeit zwischen dem Generatorkonstrukteur, dem Erbauer der Wasserturbine und dem projektierenden Ingenieur für den Gesamtwasserkraftbau bemerkenswerte Fortschritte in dem Aufbau, Raum- und Kostenbedarf von Wasserkraftmaschinensätzen erzielt worden sind. Er zeigte dabei einmal Freiluftkraftwerke und dann an einer Fülle von Beispielen die Gestaltung der Maschinensätze im einzelnen. Er zeigte schließlich, wie die Generatorenbauart der sogenannten „Schirmtype“ besondere und vielseitige Vorteile aufweist. Schließlich erläuterte er in diesem Zusammenhang, daß bei Generatoren mit sehr großem Durchmesser mit Erfolg eine Schichtpolradkonstruktion entwickelt worden ist.

In der Aussprache wies Herr Kröhl, Mannheim, auf die neuen Laufwasserkraftwerke am mittleren Inn hin und lud die Anwesenden zu einer Besichtigung dieser Anlagen im Anschluß an die VDE-Tagung ein. Herr Winkelsträter befaßte sich in seinen Ausführungen mit der Frage: Stahlgußpolräder oder Räder aus gestanzten Stahlblechsegmenten, in welcher er sich dem vom Vortragenden dargelegten Standpunkt nicht anschloß. Herr Bobeck ging in seinem Schlußwort näher auf die beiden Diskussionsbeiträge ein. A. Rachel VDE.

Fachgruppe D I, Elektromaschinenbau.

DK 621.313/.314

Die Berichte in dieser Fachgruppe sollten einen Überblick über die Fortschritte im Bau elektrischer Maschinen und Umspanner geben. Leider war es nicht möglich, die Stromwendermaschinen in diese Berichte aufzunehmen. Eine Sonderstellung nimmt in der Vortragsreihe der Bericht über die Schwingungsuntersuchungen bei dieselelektrischen Schiffsantrieben ein.

Herr Tittel VDE besprach die schwingungstechnischen Fragen, die sich bei der Einführung des dieselelektrischen Schiffsantriebes mit Synchronmaschinen ergeben. Bei diesen Antrieben verkoppeln sich mit dem mechanischen Schwingungssystem elektromechanische Systeme. Es bestand die Gefahr, daß die Dieselimpulse über die elektrischen Kreise auf die Schraubenwelle kommen, und daß bestimmte Drehzahlbereiche gesperrt werden müssen. Man rüstet daher die Generatoren mit starken Dämpfungen aus. Da die Vorausberechnung der Eigenschwingungszahlen der verkoppelten mechanischen und elektromechanischen Systeme mit Rücksicht darauf, daß die Dämpfung in der Rechnung nicht mehr vernachlässigt werden kann, sich sehr schwierig gestaltet, so mußte die Rechnung durch Versuche an einer Meßeinrichtung ersetzt werden. Diese Meßeinrichtung sollte die Fragen beantworten, wo die verschiedenen Eigenschwingungszahlen liegen und wie stark sich die Schwingungen im Resonanzfalle ausprägen. Der Modellversuch zeigte nun, daß beim elektrischen Schraubenantrieb die Zahl der Eigenschwingungen erhöht wird. Die starke elektrische Schwingungsdämpfung der Generatoren und Motoren macht jedoch diese kritischen Frequenzen ungefährlich. Die Dieselimpulse kommen nicht an die Schraubenwelle. Bei großen schnellaufenden vierzylindrigen Zweitakt-Dieselmotoren liegt jene Drehzahl, bei der die Eigenschwingungszahl des Kurbelsystems mit der Dieselimpulszahl in Resonanz kommt, im Drehzahlbereich des Diesels. In solchen Fällen rüstet man die Diesel mit mechanischen Schwingungsdämpfern aus. Schaltet man zwei Generatoren parallel, dann werden die beiden Diesel durch die synchronisierenden Momente der Generatoren gekoppelt. Die starken Dämpferwicklungen der beiden Generatoren wirken auf die Diesel wie ein Schwingungsdämpfer.

Die Ergebnisse der Modellversuche konnten an dem KdF-Schiff „Robert Ley“ und an dem Elektroschiff „Osorno“ bestätigt werden. Der dieselelektrische Schiffsantrieb ist schwingungstechnisch heute schon dem direkten mechanischen Schraubenantrieb überlegen und dem Schraubenantrieb über Getriebe ebenbürtig.

Herr Wiedemann VDE berichtete über die Fortschritte im Bau von Turbogeneratoren. Zweipolige Turbogeneratoren werden für 50 Hz in Deutschland mit Leistungen von 250 bis 64 000 kVA und $\cos \varphi = 0{,}8$ gebaut. Die erreichbare Grenze liegt gegenwärtig vielleicht bei 120 000 kVA bei 50 Hz. Für 60 Hz liegt diese Grenze tiefer. Für vierpolige Grenzleistungsmaschinen besteht zur Zeit bei 50 Hz kein Bedarf, wohl aber bei 60 Hz, wobei Grenzleistungen bis etwa 200 000 kVA erreicht werden können.

Die Fortschritte in bezug auf Verluste und Lüftung lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Anwendung halbgeschlossener Nuten zur Verlustverminderung, Ausbildung der Ständertragkeile zu einer Käfigwicklung zur Herabsetzung der Verluste im Ständer, verseilte Kunststäbe, Verwendung besserer Isolierstoffe, Verwendung der Faßwicklung auch bei zweipoligen Turbogeneratoren, Verschalungen aus Aluminium, Verminderung der Wirbelstromverluste in den Preßplatten durch Schlitze usw. Die Luftreibungsverluste eines Turbogenerators stellen fast die Hälfte der gesamten Verluste dar. Die Frage der Wasserstoffkühlung wird auch in Deutschland vielfach in Erwägung gezogen. In den V. S. Amerika wurden bis Ende 1938 von der General Electric Co. wasserstoffgekühlte Turbogeneratoren mit einer Gesamtleistung von 1,25 Mill kW gebaut.

Die Fortschritte in bezug auf die Anpassung der Turbogeneratoren an die Betriebsbedingungen sind: Höchstspannungsgeneratoren, die unmittelbar in das Verbrauchernetz mit Spannungen von 20 bis 50 kV speisen. Die R.E.M. schreiben vor, daß für Maschinen mit mehr als 7000 V Klemmenspannung die zulässige Grenzerwärmung um je 1,5 ° für je 1000 V über 7000 V herabzusetzen ist. Würde man diese Vorschrift z. B. für Generatoren für 37 000 V anwenden, so müßte die Grenzerwärmung um 45 ° C herabgesetzt werden. Es wird eine baldige Anpassung der R.E.M. gewünscht. Einen weiteren Fortschritt in der Anpassung der Turbogeneratoren an die Betriebsbedingungen stellt die Belastbarkeit durch Gleichrichter dar.

Herr Küchler VDE sprach über die Fortschritte im Bau von Umspannern. Er bezeichnete als die vordringlichste Aufgabe des heutigen Transformatorenbaues eine Normung und Typenbeschränkung bei Leistungen über 1600 kVA. Seiner Meinung nach ist der erste Schritt in dieser Richtung mit den Wander- und Fahrzeugtransformatoren gemacht worden. Diese Bauform des Großtransformators für 100- und 200 kV-Netze zeichnet sich durch höchste Einsatzbereitschaft aus.

Um eine gewitterfeste Bauart des Transformators zu erzielen, müssen die Ausgleichsvorgänge im Innern der Wicklungen bei Stoßerregung unterdrückt werden. Eine solche schwingungsfreie Wicklung wird mit der zylinderförmigen Lagenwicklung erreicht, bei der die im Innern des Wicklungsquerschnittes liegenden Lagen durch die erste und letzte gegen Erde abgeschirmt werden.

Die Arbeiten, die zum Ziele hatten, einen sinusförmigen Magnetisierungsstrom zu erhalten, können als ab-

geschlossen angesehen werden. In Betracht kommen vor allem das von Hueter und Buch angegebene Verfahren und die magnetische Sterndreieckschaltung, die sich am einfachsten beim Fünfschenkeltransformator verwirklichen läßt, weil dort die Jochteile ein magnetisches Dreieck bilden.

Der Bericht des Herrn Traßl VDE beschäftigt sich mit dem Anlauf von Wechselstrommaschinen mit Teilspannung. Obwohl im Schrifttum die Frage des Anlaufes von Kurzschlußankermotoren schon oft behandelt wurde, so mußte dieses Problem noch einmal aufgeworfen werden, weil bisher stets die Annahme gemacht wurde, daß die magnetischen Zeitkonstanten der Asynchronmaschinen sehr klein sind, aber diese Annahme nicht zutreffend ist. Es wird gezeigt, daß auch bei normalen Asynchronmaschinen die magnetischen Zeitkonstanten beträchtliche Werte annehmen. Durch das langsame Abklingen des Feldes aber ergeben sich beim Wiedereinschalten des Netzes dieselben Verhältnisse wie beim Einschalten von zu schwach erregten Synchronmaschinen. Stimmt die Phasenlage des Netzvektors und des Maschinenspannungsvektors überein, so wird der Stromstoß am kleinsten. Bei Schwungmomenten, die im Verhältnis zum Lastmoment groß sind, wird die zulässige Phasenverschiebung der beiden Spannungsvektoren während der Umschaltzeit nicht überschritten. Bei kleinen Schwungmomenten aber muß das Umschalten sehr schnell erfolgen.

H. Sequenz VDE.

Fachgruppe D II, Industrielle Anwendung (Stromrichter).

DK 621.314.5/.6

In der Einführung erinnert Herr Wist VDE an den raschen Aufstieg, den die verschiedenen Arten der Stromrichter seit der Erfindung des Quecksilberdampf-Stromrichters genommen haben. Entsprechend der Aufgabe dieser Fachberichtsgruppe wurde der derzeitige Stand und das Anwendungsgebiet der Stromrichter, und zwar der Höchststrom- und Höchstspannungs-Quecksilberdampf-Stromrichter, der Glühkathoden-Stromrichter, der Trockengleichrichter mit Kupferoxydul- und Selenplatten und der kollektorlose Stromrichtermotor besprochen. Da jede Stromrichterbauart vorwiegend für eine bestimmte Spannungshöhe und Stromgröße geeignet ist, und sich weiter die Bauarten gegenseitig ergänzen, so haben die Stromrichter heute schon in den verschiedensten Anwendungsgebieten der Elektrotechnik Fuß gefaßt und erfahren dort, durch ihre vorzüglichen Eigenschaften, eine immer steigende Verbreitung. Die Fachberichte befassen sich in diesem Jahre vorwiegend mit der Anwendung der Stromrichter, wobei auch Probleme theoretischer und praktischer Art erörtert werden, die hierbei aufgetreten sind.

Der erste Bericht des Herrn Lebrecht VDE befaßt sich mit der Verwendung des Gleichrichters für Elektrolyse, der in den letzten Jahren hierfür mit großem Erfolg verwendet wurde und wirtschaftlich günstiger als die bisher üblichen Maschinen arbeitet. Da Elektrolyseanlagen sehr große Benutzungsdauern aufweisen, so bedeutet schon eine kleine Wirkungsgradverbesserung gegenüber den umlaufenden Maschinen einen großen Vorteil. Durch Reihenschaltung von Elektrolysezellen kann man heute verhältnismäßig hohe Spannungen verwenden, die beim Gleichrichter im Wirkungsgrad sehr vorteilhaft zur Geltung kommen. Die größte Stromstärke für die einzelnen Gefäße wurde in der Wechselrede, an der sich Meyer-Delius und Baudisch beteiligten, besprochen und zum Ausdruck gebracht, daß der beobachtete etwas größere Spannungsabfall bei Gefäßen von rd. 10 000 A gegenüber solchen von rd. 5000 A nicht ausschlaggebend sei, und für die größere Type in der Praxis ein Bedürfnis bestehe. Durch konstruktive Maßnahmen werden hierbei noch Verbesserungen erzielbar sein. Großgleichrichter-Anlagen für Elektrolysezwecke von 30 000 bis 80 000 A wurden in Europa und Amerika aufgestellt.

Herr A. Siemens VDE behandelt in seinem Bericht den pumpenlosen Eisengleichrichter, der für kleinere Stromstärken bis 800 A und Spannungen bis 600 V entwickelt wurde, und der den Glasgroßgleichrichter in vorteilhafter Weise ersetzt bzw. ergänzt. Dank der vorzüglich entwickelten Technologie ist es möglich geworden, die einzelnen Gefäße so abzudichten bzw. abzuschmelzen, daß trotz eines mehrjährigen Betriebes das Vakuum erhalten blieb und auch das Hartwerden, wie es bei älteren Glaskolben auftrat, vermieden werden konnte. Da es weiter gelungen ist, die pumpenlosen Eisengleichrichter mit Gittersteuerung auszurüsten, können sie auch für Regelantriebe in weitestgehendem Sinn gebraucht werden. Der pumpenlose Eisengleichrichter füllt somit eine Lücke aus, die bisher zwischen dem Glasgleichrichter und dem Eisengleichrichter mit Pumpe bestanden hat. Für diese Leistungen war der Glasgleichrichter schon etwas zu klein und für manche Betriebe zu zerbrechlich, während sich der Eisengleichrichter mit Pumpe sowohl hinsichtlich der Anschaffungs- als auch der Betriebskosten zu teuer stellte.

Herr Micza VDE berichtete über die Auswirkung und die Bekämpfung von Eigenschwingungen bei Hochspannungsgleichrichtern für Senderöhren. Gleichrichter können sowohl infolge der regelmäßig wiederkehrenden Schaltungen als auch bei kleinen Störungen Eigenschwingungen hervorrufen, die insbesonders bei höheren Gleichrichterspannungen zu Überbeanspruchungen und Störungen führen können. Es werden drei Gruppen von Schwingungen unterschieden, und zwar niederfrequente von rd. 10 Hz, mittelfrequente von rd. 1000 Hz und hochfrequente von rd. 100 000 Hz. Die Kreise, in denen sich diese Schwingungen abspielen, werden von den Streuinduktivitäten der einzelnen Phasen des Gleichrichtertransformators, der Kapazität der Transformatorwicklung, der Induktivität der Verbindungsleitung zwischen Transformator und Gefäß, der Kapazität zwischen Kathode und Erde, herrührend durch die mit der Kathode verbundenen Anlagenteile und schließlich aus dem Siebkreis Kathodendrossel-Querkondensator gebildet. Die niederfrequenten Schwingungen sind für den normalen Betrieb nicht von Bedeutung, und es wird daher nicht näher darauf eingegangen. Die mittelfrequenten Schwingungen jedoch führen zur Erhöhung der Sperrspannung und können durch Reihenschaltung von Kapazitäten und Widerständen zwischen Kathode bzw. Anoden und Erde praktisch beseitigt werden. Die hochfrequenten Schwingungen haben Rundfunkstörungen und Auslöscherscheinungen der Erregung zur Folge. Die Verbindungsleitungen zwischen Transformator und Gefäß strahlen die Rundfunkstörungen wie eine Antenne aus. Zur Bekämpfung dieser Störung wird die Abschirmung dieser Verbindungsleitungen und die Anordnung von Hochfrequenzdrosseln in den Anodenleitungen empfohlen. Die Untersuchungen über die hochfrequenten Störungen sind von den örtlichen Verhältnissen abhängig und noch nicht abgeschlossen. Der vorliegende Fachbericht soll Anregung für weitere Untersuchungen bieten. Zahlreiche Oszillogramme, die mit eigens hierfür ausgebildeten Meßverfahren aufgenommen wurden und welche die Störschwingungen zeigen, ergänzen den Fachbericht. An der Wechselrede beteiligten sich die Herren Bertele, Scherp und Schwenkhagen. Es wurde auf die Schwierigkeit der Beseitigung der hochfrequenten Störungen hingewiesen, die nicht nur bei Gleichrichtern für Senderöhren, sondern bei allen Hochspannungsgleichrichtern auftreten und dadurch sowohl die Erhöhung der Spannung verhindern als auch die Rückzündungsgefahr vergrößern. Schließlich wurde erörtert, weshalb bei Trockengleichrichtern diese Störungen nicht auftreten.

Der vierte Fachbericht des Herrn Landsmann VDE behandelt die Verwendung der Stromrichter bei den elektrischen Naht- und Punktschweißmaschinen. Bei handelsüblichen Eisen- und Stahlblechen bereitet die Widerstands- bzw. Nahtschweißung weitaus nicht die Schwierigkeiten wie die Schweißung von Nichteisenmetallen von großer Wärmeleitfähigkeit und niedrigerem Schmelzpunkt, wie beispielsweise Kupfer, Nickel, Aluminium mit seinen Legierungen und auch rostfreier Stahl. Um einwandfreie Nahtschweißungen zu erzielen, muß man hierbei die Dauer der Stromeinwirkung außerordentlich verkürzen und auf nur $^1/_{10}$ bis zu drei Perioden eingrenzen, hingegen die Amplitude des Stromes um ein Mehrfaches gegenüber dem gewöhnlichen Eisen vergrößern, aber ebenfalls ganz genau beherrschen können. Bei diesen außerordentlich kleinen Schaltzeiten und großen Stromstärken, die bis zu 30 000 A hinaufgehen können, haben die mechanischen Schalter vollkommen versagt. Man hat zu diesem Zwecke eine Art Programmsteuerung ausgearbeitet, die in der erforderlichen Präzision nur mit gittergesteuerten Stromrichtergefäßen durchführbar ist.

E. Wist VDE.

Fachgruppe D III, Bahnen.

DK 621.33

In der Einführung behandelte H. Kother VDE „Entwicklung[1]), Aufgaben und Voraussetzungen des Fernschnellverkehrs". Zur Behandlung kam nur das normale Bahnsystem, die Zweischienen-Standbahn, die alle Betriebsanforderungen in wirtschaftlichster Weise erfüllt. Die wichtigeren Schnellfahrten wurden kurz gestreift. Die Aufgaben des Fernschnellverkehrs auf der Schiene wurden mit denen der Reichsautobahnen verglichen. Fernschnellbahn und Reichsautobahn vermeiden die zahlreichen Ortsdurchfahrten und engen Kurven und erzielen daher beide den gleichen volkswirtschaftlichen Nutzen: Bei gleichbleibendem Aufwand die Reisegeschwindigkeit zu steigern oder unter Beibehaltung der alten Reisegeschwindigkeit die Betriebskosten zu senken. So wie die Steigerung des Kraftwagenverkehrs den Bau der Reichsautobahnen erforderlich machte, wird die Zunahme des Schienenverkehrs den Bau neuer Strecken bedingen, die in ihrer Linienführung weitgehend der Reichsautobahn entsprechen. Die wichtigsten technischen Voraussetzungen des Fernschnellverkehrs sind: 1. eigener Bahnkörper; 2. gestreckte Linienführung; 3. guter Oberbau; 4. selbsttätige Signaleinrichtungen mit Zugbeeinflussung; 5. Fahrzeuge mit guten Laufeigenschaften und kräftigen Bremsen; 6. Triebfahrzeuge (Lokomotiven und Triebwagen) von größter Leistungsfähigkeit und 7. gewissenhafte Fertigung und Erhaltung der Fahrzeuge. Von diesen Punkten werden die unter 5. und 6. genannten in den Fachberichten eingehend behandelt.

Nach dem heutigen Stand der Technik[2]) kommt für Fernbahnen in erster Linie 16⅔ Hz-Einphasenwechselstrom in Betracht. Bei besonderen Voraussetzungen, die z. B. in der Energieversorgung des Landes begründet sein können, wird man auch 50 Hz-Einphasenwechselstrom in Erwägung ziehen. Länder, deren Industrie keine Erfahrung im Bau von Einphasenwechselstrombahnen hat, werden Gleichstrom von 3000 V wählen, sofern sie aus Autarkiebestrebungen ihre Bahnen selbst bauen. Gleichstrom von 1500 V ist für Fernbahnen weniger geeignet. In den Fachberichten wurden sowohl Gleich- als auch Wechselstrombahnen ausgiebig behandelt, um so mehr, als die deutsche Industrie in der Lage ist, Spitzenleistungen sowohl auf dem Gebiet der Gleich- als auch der Wechselstrombahnen zu erzeugen.

In seinem Fachbericht „Die Systemfrage vom Standpunkt der Fahrmotoren und ihrer Regelung" behandelte Herr Paul Müller VDE die Eignung des Gleich- und Wechselstromsystems für Schnellverkehr. In diesem Bericht wurden die Fahr- und Bremseigenschaften der Fahrmotoren für Gleichstrom 3000 V und Einphasenwechselstrom 16⅔ und 50 Hz verglichen, und der Einfluß der Betriebsanforderungen auf den Entwurf gezeigt. Weiterhin wurden die Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften der Motoren und der Art ihrer Steuerung geklärt sowie die Auswirkungen der Fahr- und Bremsbedingungen auf den Entwurf der elektrischen Ausrüstung besprochen. Schließlich wurden die Gleich- und Wechselstrom-Triebfahrzeuge hinsichtlich ihrer besonderen Eignung für Schnellverkehr bei verschiedenen Betriebsbedingungen kritisch beleuchtet[3])[4]). Herr Paul Müller kam zu dem Ergebnis, daß für Schnellverkehr auf größere Entfernungen das 16⅔ Hz-System im ganzen sowohl in technischer wie in wirtschaftlicher Hinsicht als das günstigste anzusehen ist. Das Gleichstromsystem kommt ihm zwar nahe, doch liegt sein Hauptanwendungsgebiet mehr beim Massenverkehr auf kürzere Entfernungen, während das 50 Hz-System umgekehrt für mäßig dichten Verkehr über große Entfernungen paßt.

In dem Bericht des Herrn Schmer VDE über „Gestaltung und Leistungsmöglichkeiten von elektrischen Lokomotiven im Fernschnellverkehr" wurden zwei bei der Deutschen Reichsbahn vorhandene elektrische Lokomotiven für Geschwindigkeiten von 150 bis 180 km/h näher auf ihr Leistungsvermögen untersucht. Als höchste Fahrgeschwindigkeit der leistungsfähigeren der beiden Lokomotiven[5])[6]) ist — unter Voraussetzung geeigneter Strecken — 225 km/h vorgesehen. Jedoch werden für die Verkehrsanforderungen der nächsten Jahre Fahrgeschwindigkeiten von 150 bis 180 km/h noch vollkommen ausreichen, auch wenn bereits besondere Bahnkörper für Schnellbahnen vorhanden wären. Vom Standpunkt des Elektrolokomotivbaues aus steht nichts im Wege, noch schnellere Lokomotiven zu bauen. Wahrscheinlich wird man jedoch für höchste Geschwindigkeiten (bis 240 km/h) im allgemeinen Fernschnelltriebwagen einsetzen, da hierfür nur verhältnismäßig wenig Reisende in Frage kommen. Da die natürliche Bestimmung der Eisenbahn die Bewältigung des Massenverkehrs ist, wird man Lokomotivzüge mit ihrem großen Fassungsvermögen stets für geringere Höchstgeschwindigkeiten vorsehen als Schnelltriebwagen. Es war daher berechtigt, wenn Herr Schmer in seinem Fachbericht von den bereits bei der Deutschen Reichsbahn vorhandenen Schnellzuglokomotiven E 18 und E 19 ausging und für diese den Nachweis erbrachte, daß sie den kommenden Anforderungen des Fernschnellverkehrs entsprechen. Die Bedeutung dieser Untersuchung liegt vor allem in der von ihm bewiesenen Erkenntnis, daß vom Standpunkt des Elektrolokomotivbaues aus nichts dem Schnellverkehr mit Lokomotivzügen bei Geschwindigkeiten bis 200 km/h entgegensteht.

Herr Hutt VDE behandelte in seinem Bericht über den „elektrischen Fernschnelltriebwagen" zunächst die Eignung der verschiedenen Verkehrsmittel für den Schnellverkehr und kam ebenfalls zu dem Ergebnis, daß der Triebwagen seiner Natur nach für einen höheren Geschwindigkeitsbereich geeignet ist als der Lokomotivzug. Der dieselelektrische Triebwagen kann wegen der zur Zeit noch beschränkten Dieselleistung nicht auf diejenigen Geschwindigkeiten kommen, die für den Oberleitungstriebwagen ohne weiteres erreichbar sind. Eine Steigerung der Höchstgeschwindigkeit über eine gewisse Grenze, die unter den gemachten Voraussetzungen bei 240 km/h liegt, bringt keinen lohnenden Fahrzeitgewinn mehr. Schließlich ging Herr Hutt auf die technische Durchbildung der Schnelltriebwagen ein und streifte auch die Frage der Fahrleitung und des Stromabnehmers.

In dem letzten Fachbericht sprach Herr Mann über „Betriebsanforderungen und Leistungsvermögen elek-

[1]) Hierüber erscheint demnächst ein Aufsatz in der ETZ.
[2]) Wechmann, Elektr. Bahnen 13 (1937) S. 189.
[3]) Kother, Elektr. Bahnen 14 (1938) S. 190.
[4]) Kother, ETZ 60 (1939) S. 41, 73.
[5]) Wechmann und Michel, Elektr. Bahnen 14 (1938) S. 283.
[6]) Kleinow, Elektr. Bahnen 15 (1939) S. 92.

trischer Fernschnellbahnen". Die Fahrzeitgewinne durch Steigerung der Höchstgeschwindigkeit und der Anfahrbeschleunigung wurden für verschiedene Zugzusammensetzungen ermittelt. Die Untersuchung wurde für verschieden große Streckenabschnitte zwischen zwei Aufenthalten durchgeführt. Weiterhin behandelte Herr Mann das Problem des Bremsens, der Zugbeeinflussung und der Blockabstände, also derjenigen Größen, die die Zugfolge und damit das Leistungsvermögen der Strecke beeinflussen. Schließlich wurde die Frage „Lokomotivzug oder Triebwagen?" kurz vom Standpunkt des Betriebes und der Erhaltung beleuchtet. Der Lokomotivzug wird geringere Erhaltungskosten verursachen und ein größeres Leistungsvermögen der Strecke ergeben, selbst wenn er für geringere Höchstgeschwindigkeiten als der Triebwagen vorgesehen wird. Der Vorteil des Triebwagenzuges liegt darin, daß er auch bei Kupplung mehrerer Einheiten stets die gleichen Fahreigenschaften beibehält; doch ist dieser Vorteil nur von ausschlaggebender Bedeutung, wenn eine gewisse Mindestzahl von kurzen Bahnhofsabständen oder stärkeren Steigungen auf der Strecke vorkommt.

In den lebhaften Aussprachen ergab sich das erfreuliche Bild, daß von keiner Seite Bedenken gegen die vorgebrachten Untersuchungsergebnisse geltend gemacht wurden. Wenn auch in technischen Einzelheiten naturgemäß teilweise verschiedene Auffassungen vertreten werden, so beeinflussen diese jedoch das Gesamtergebnis in keiner Weise. H. Kother VDE.

Fachgruppe E I, Lichttechnik.

DK 621.32

In seinem Einführungsvortrag gab Herr Weigel VDE einen Überblick über den Entwicklungsstand der Lichttechnik und kennzeichnete die Richtung dieser Entwicklung nach Breite und Tiefe. Er streifte die erst kurze Geschichte der Lichttechnik als Wissenschaft, die ja früher mehr ein Anhängsel der Installationstechnik gewesen sei. Die Tiefenentwicklung läßt sich besonders in der Leuchttechnik belegen, der Technik der Lichterzeugung. Vielgestaltige wissenschaftliche Forschungsarbeit führte zu der heutigen Wolfram-Glühlampe, deren technische Entwicklung man wohl als abgeschlossen betrachten darf. Weitere Fortschritte werden heute auf dem Gebiet der Entladungslampen erstrebt, wo z. B. der Quecksilberhöchstdrucklampe, den Leuchtstoffröhren oder ähnlichen Entwicklungsformen besondere Bedeutung zukommt.

Die Beleuchtungstechnik wurde durch die Ergebnisse der physiologisch-optischen Forschung bereichert. Eine besondere Breitenentwicklung aber erfuhr das Gebiet „Licht und Arbeit" dank einer beispielhaften Gemeinschaftsarbeit, insbesondere mit der DAF, Amt „Schönheit der Arbeit". Auch die öffentliche Beleuchtung und die Verkehrsbeleuchtung haben sich außerordentlich entwickelt. Schließlich verdienen auch die Randgebiete der Lichttechnik, z. B. die Technik der UV-Strahlung, besondere Beachtung.

„Licht und Beleuchtung im Dienst des schaffenden Menschen" behandelte der Fachbericht von Herrn Kircher VDE. Die neuesten Fortschritte auf diesem Gebiet sind der Anregung des Amtes „„Schönheit der Arbeit" zu danken, das einen Ausschuß „Gutes Licht" ins Leben rief, der heute bereits in über 50 Beratungsstellen die Betriebsführer, Architekten und Hausfrauen berät.

Die Arbeit des Ausschusses fand die behördliche Anerkennung ihrer Leistungen, die sich an Hand umfangreicher statistischer Erhebungen leicht belegen lassen. Während früher rd. 80 % der Anlagen für künstliches Licht verbesserungsbedürftig waren, ist diese Zahl nach den neuesten Erhebungen z. T. auf 40 % zurückgegangen. Die Fragebogen ergaben als häufigst vorkommende Fehler: ungenügende Beleuchtungsstärke, ungünstige Schattigkeit und falschen Lichteinfall. Wie notwendig eine Verbesserung ist, beweist allein der Umstand, daß in Betrieben mit Feinarbeit (Büros, Kassen usw.) 34 % der Beschäftigten Brillenträger sind, bei mittelfeiner bis grober Arbeit (Schlossereien, Schmieden) aber nur 6 %.

Auch die ländlichen Bezirke wurden nicht vergessen, und namentlich die Verbesserung der Straßenbeleuchtung in Dörfern gefördert. Weitere Arbeiten galten der „Schmuckbeleuchtung" (z. B. Wohnraumleuchten) und der Schaffung eines beleuchtungstechnischen Archives, das die wichtigsten Erfahrungen zusammenfaßt.

Der Vortrag von Herrn Lingenfelser VDE betraf „Fortschritte in der öffentlichen und Verkehrsbeleuchtung"; er brachte wertvolles statistisches Material, das vom Studienausschuß der DLTG gesammelt wurde. Daraus geht z. B. hervor, daß ein Viertel der Orte unter 10 000 Einwohner überhaupt keine Straßenbeleuchtung besitzen, und daß Deutschland bezüglich der Straßenbeleuchtung unter den vergleichbaren Ländern recht weit zurückliegt. Die Statistik brachte u. a. noch Unterlagen über die mittleren Lampenabstände, Anschlußwerte je Kopf und die entsprechenden Zahlen des Auslandes.

Weiterhin behandelte der Vortrag die Leitsätze für Außenbeleuchtung sowie die Verkehrsbeleuchtung, z. B. auch die wichtige Kennzeichnung liegengebliebener Fahrzeuge durch ein sinnfälliges Warnzeichen. Ausführliche Versuche, deren Ergebnisse mitgeteilt wurden, haben der Beleuchtung von Straßentunnels gegolten. Danach müssen am Tunneleingang Beleuchtungsstärken von 2000 bis 3000 lx vorhanden sein; dieser Wert darf nach etwa 70 m allmählich auf 100 bis 200 lx abgeklungen sein. Glühlampen verdienen in diesem Falle den Vorzug vor Metalldampf- und Mischlichtleuchten. Als sehr wertvoll für die Zukunft wurde die einheitliche Planung der Beleuchtungsanlagen hingestellt. Sie muß auf einfache Lagerhaltung und richtige Anordnung der Leuchten im Straßenraum mehr Rücksicht nehmen als bisher. Gemeinnützigkeit muß die Richtschnur aller Bestrebungen sein. — In der Aussprache wurde die Frage aufgeworfen, ob bei Metalldampf-Straßenbeleuchtung sich ein stroboskopischer Effekt an den bewegten Fahrzeugen schon störend bemerkbar gemacht habe. Die Frage konnte verneint werden; auch theoretische Untersuchungen haben nur verschwindend geringe Wirkungen ergeben.

„Der derzeitige Stand der Technik der Glühlampen und Entladungslampen" lautete das Thema, über das Herr Ewest VDE sprach. Bei den Glühlampen hat Wolfram dank seiner günstigen Strahlung (wenig Ultrarot) über die noch höherschmelzenden Stoffe endgültig gesiegt. Neueren Datums ist die Verwendung von Krypton als Füllgas, das die Lichtausbeute um rd. 6 % steigert (bisher nur für 40 W-Lampen, 220 V). Für hohe Lichtleistung wurden Drehstromlampen in Sternschaltung entwickelt (Landebahnleuchten, 10 kW). Sonderleistungen sind weiterhin Lampen hoher Lichtausbeute für photographische Zwecke.

Bei den Quecksilberdampflampen hat das Fortschreiten zu höheren Drücken — 5 bis 10 at für Allgemeinbeleuchtung — einen besseren Rotgehalt ergeben. Die hohen Leuchtdichten für Projektionszwecke liefern Lampen mit Drücken bis 100 at, die noch mitten in der Entwicklung stehen. Leuchtstoffe zur Ausnutzung des ultravioletten Strahlungsanteils verwendet man sowohl bei Hochdruck- als auch ganz besonders bei Niederdrucklampen, die damit auf recht gute Lichtausbeute kommen (Grün: > 100 lm/W). Gezündet werden die Lampen durch Unterbrechung mit einem Bimetallstreifen oder durch eine Resonanzschaltung. Schließlich streifte der Vortragende noch die Entwicklung der Natriumlampen, die bei 220 V und 3000 bis 5000 lm eine Ausbeute von 50 bis

60 lm/W geben, und die Spektrallampen für wissenschaftliche Zwecke.

Herr Riehl VDE berichtete dann „Über die Anwendung neuzeitlicher Leuchtstoffe". Er erörterte den physikalischen Vorgang der Lichtumwandlung durch Lumineszenzstoffe, ihre Geschichte und die Herstellung. Interessant ist, daß sich die Umwandlung des UV-Lichtes in sichtbares Licht mit einer sehr hohen Ausbeute vollzieht (etwa 80 % z. B. bei radioaktiven Leuchtfarben). Bei den Quecksilber- und Neon-Niederdruck-Hochspannungsröhren bringt man den Leuchtstoff (Silikate, Wolframate, Borate und Phosphate) auf die Innenwand der Röhre und kann damit die Lichtausbeute z. B. bei Weiß auf das Achtfache steigern. Die Röhren haben sich für die dekorative, aber auch für die allgemeine Beleuchtung als sehr gut geeignet erwiesen, zumal neuerdings Netzanschlußröhren vorhanden sind. Auch die Flimmerfreiheit wurde durch gering nachleuchtende Stoffe gesichert.

Außerhalb der Röhre verwendet man Leuchtstoffe beispielsweise bei der Luftschutzbeleuchtung in Kraftwerken, indem die wichtigen Teile, wie Skalen, Handräder u. dgl., mit fluoreszierendem Stoff belegt werden. Lichtbilder und praktische Beispiele zeigten die Vorzüge dieser Anwendungsart der Leuchtstoffe. In der Aussprache wurde die Beständigkeit der außen angebrachten Leuchtstoffe gegen Abgriff und Verschmutzung behandelt und festgestellt, daß die abwaschbare Leuchtemail allen Ansprüchen genügt.

Der nächste Vortrag von Herrn L. Schneider VDE über „Lichttechnische Erkenntnisse zur Luftschutzfrage" brachte weitere Einzelheiten zu dem eben angeschnittenen Thema und betrachtete besonders die Anforderungen, die der Luftschutz an die Straßen- und Verkehrsbeleuchtung stellt. Hierzu gehört z. B. die gleichmäßige Anordnung der Straßenleuchten mindestens innerhalb größerer Stadtbezirke, um dem Fahrer eine räumliche Orientierung zu sichern. Dann wurden die Möglichkeiten der Verdunkelung von Arbeitsräumen besprochen, ebenso die von Wohnräumen. Wichtig ist stets die von oben her erkennbare Leuchtdichte, also die des Fußbodens; eine Beurteilung der Verdunkelung von der Straße aus ist sinnlos. In der Aussprache wurde noch mitgeteilt, daß die behördlichen Richtlinien fertiggestellt sind und in allernächster Zeit bekanntgegeben werden.

Die Vortragsreihe wurde abgeschlossen durch sehr interessante Ausführungen von Herrn R. Schulze „Über die neuzeitliche technische und therapeutische Anwendung der Ultraviolettstrahlung". An Hand einer Tafel gab der Vortragende eine praktische Einteilung des UV-Spektrums in UV-A, -B und -C (nach Coblentz), wobei die Wellenlängen von A nach C abnehmen. Er besprach dann die Strahlungsquellen — Sonne, Kohlebogen, Gasentladung — und erörterte danach die Anwendungen. Besonders bedeutsam und bei uns noch zu wenig verwendet ist die Desinfektion durch UV-C, die z. B. in Kühlhäusern ausgezeichnete Erfolge bringt, weil man dann die Temperatur auf 10 bis 14 ° statt 2 bis 3 ° halten kann, was den aufbewahrten Gütern, z. B. Fleisch, viel besser bekommt. Auch die Bedeutung keimfreier Luft für Operationssäle wurde erörtert. Ein weiteres wichtiges Gebiet ist noch in der Entwicklung: UV-Strahlung zur Einleitung chemischer Prozesse. Erfolge erzielte man auch bei der Alterung (Getränke), Härtung (Lacke), Bleicherei und Getreideentdumpfung. Schließlich ist auch die Vitaminanreicherung durch UV eine vielversprechende Anwendung.

Zum mittelwelligen Gebiet UV-B gehören die Lumineszenzstrahler; allerdings werden die Leuchtstoffe durch alle drei Gebiete A bis C angeregt. Eine Anwendung des UV-A ist z. B. die Lichtpauserei. Allgemein sind aber technisch die kürzeren Wellenlängen vielseitiger brauchbar. Auch in der Medizin hat man bisher vorwiegend UV-B und UV-C benutzt, es ist aber anzunehmen, daß auch das UV-A noch bedeutsam werden wird, wenn es erst einmal in sonnenähnlichen Stärken erzeugt werden kann. Die Anwendungsgebiete in der Medizin wurden eingehend besprochen (Rachitis, Stoffwechsel, Lupus, chirurgische Tuberkulose) und auch die heute zunehmend benutzte vorbeugende bzw. zusätzliche Bestrahlung, z. B. für Bergleute. — Die rege Aussprache galt vorwiegend den günstigen Erfahrungen in der Frischhaltung von Lebensmitteln und der Anwendung des UV bei Operationen, über die aus den V. S. Amerika günstige, aber vielfach auch recht übertriebene Berichte vorliegen.

R. G. Weigel VDE.

Vorschriften für Installationsrohre für elektrische Anlagen.

VDE-Ausschuß für Installationsmaterial.

DK 621.315.671 (083.133)

VDE 0605/....

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

a) Diese Vorschriften gelten für Installationsrohre, die nach dem 1. 1. 1940 hergestellt werden[1]).

§ 2.

Geltungsbereich.

a) Diese Vorschriften gelten für Installationsrohre zur Verlegung von Leitungen in Anlagen mit Betriebsspannungen bis 1 kV (z. B. Falzrohre, Stahlrohre mit und ohne Gewinde, Rohre ohne Metallmantel usw.).

b) Für die Verlegung von Installationsrohren gilt DIN VDE 9060.

c) Für die Zuordnung der Leitungen zu den Rohrweiten gelten DIN VDE 9048, 9049.

II. Bestimmungen.

§ 3.

Normen.

a) Für nachstehende Arten von Installationsrohren müssen folgende Normen eingehalten werden:

für	Rohre ohne Metallmantel	DIN VDE 9000
,,	Stahlrohr mit Auskleidung und Gewinde (Stahlpanzerrohr)	,, ,, 9010
,,	Stahlrohr ohne Auskleidung mit Gewinde	,, ,, 9020
,,	Stahlrohr ohne Auskleidung, ohne Gewinde (Steckrohr)	,, ,, 9021
,,	Falzrohr mit Mantel aus Messingblech .	,, ,, 9025
,,	Falzrohr mit Mantel aus verbleitem Stahlblech	,, ,, 9026
,,	Falzrohr mit Mantel aus Stahlblech mit Aluminiumauflage	,, ,, 9027
,,	Falzrohr mit Mantel aus lackiertem Stahlblech	,, ,, 9028

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Juni 1939. Veröffentlicht: ETZ 58 (1937) S. 1381.

§ 4.

Aufschriften.

a) Jedes Rohr muß haltbar ein Ursprungszeichen tragen, das den Hersteller erkennen läßt (Ausnahmen sind biegefähige Rohre ohne Metallmantel nach DIN VDE 9000).

b) Auf Falzrohren müssen die Ursprungszeichen in Abständen von 1 m gegenüber dem Falz angebracht sein.

§ 5.

Allgemeine Bauvorschriften.

a) Rohre mit Auskleidung müssen im Innern glatte Flächen haben, die das Einziehen der Leitungen — ohne diese zu beschädigen — ermöglichen.

Stahlrohre ohne Auskleidung müssen außerdem im Innern eine Lackierung haben, um das Einziehen der Leitungen zu erleichtern.

b) Die Rohrenden dürfen keinen Grat haben.

§ 6.

Papierauskleidung.

a) Die Papierauskleidung muß so durchtränkt sein, daß sich beim Abwickeln keine ungetränkten Stellen vorfinden.

b) Zur Feststellung der Wärmebeständigkeit wird ein Rohrstück von 50 cm Länge 10 min lang einer Temperatur von 70° ausgesetzt. Hierbei darf die Tränkmasse nicht zur Tropfenbildung kommen, die Papierlagen sich nicht lösen oder die lichte Weite des Rohres sich nicht merklich verändern.

c) Zur Feststellung, ob für die Tränkmasse geeignete Öle verwendet worden sind, ist ein abgemanteltes Stück des Falzrohres von 10 cm Länge in waagerechter Lage auf seiner ganzen Länge gleichmäßig mit einem Gewicht von 10 kg 5 min lang bei 20° Raumtemperatur zu belasten. Hierbei darf sich der Außendurchmesser des Rohres nicht um mehr als 10% seines ursprünglichen Maßes verändern.

§ 7.

Rostschutz.

a) Stahlrohre mit und ohne Auskleidung müssen außen einen rostschützenden Überzug haben. Bei Falzrohren muß der Stahlmantel auf der Außenseite, z. B. durch Blei- oder Aluminiumüberzug, Lackierung oder sonstwie gegen Rost geschützt sein.

b) Verbleiung als Rostschutz.

1. Gewichtsmenge.

Das Bleigewicht muß auf der Außenseite mindestens 2,5 g/dm² sein.

Zur Feststellung der Gewichtsmenge ist ein geradegerichtetes Mantelstück über einer Bunsenflamme zu erwärmen, bis das Blei flüssig wird, das mit einem Pinsel abzustreifen ist. Der Gewichtsverlust ist festzustellen.

2. Gleichmäßigkeit der Bleischicht.

Um Fehler oder mechanische Verletzungen der Bleiauflage festzustellen, müssen die Rohrstücke zunächst mit Benzin gründlich entfettet und deren Schnittflächen paraffiniert werden. Die Rohrstücke werden mehrfach in weißes Fließpapier gewickelt, das vorher in ein frisch hergestelltes Gemisch von drei Teilen 1prozentiger Lösung von rotem Blutlaugensalz in Wasser und einem Teil 1prozentiger Lösung Ammoniumpersulfat in Wasser getaucht wurde. Zulässige Blaufärbung nach einer Prüfdauer von 5 min bei Falzrohren bis Rostgrad ½ R_1, bei Stahl- und Stahlpanzerrohren bis Rostgrad R_2 nach DIN DVM 3210 (Anstrichfarben).

c) Aluminiumüberzug als Rostschutz.

1. Gewichtsmenge.

Das Aluminiumgewicht muß auf der Außenseite mindestens 0,20 g/dm² sein.

Zur Feststellung der Gewichtsmenge des Aluminiumüberzuges wird ein geradegerichtetes Mantelstück auf der Innenseite mit einem gegen Ätznatron unempfindlichen Schutzanstrich versehen. Der Prüfling wird so lange in ein Bad von etwa 10 Gewichtsteilen Ätznatron und 90 Gewichtsteilen Wasser getaucht, bis keine Blasen mehr aufsteigen. Hierauf wird der Prüfling abgespült und getrocknet. Das Gewicht des Aluminiumüberzuges wird durch Wägung des Prüflings vor und nach der Behandlung festgestellt.

2. Gleichmäßigkeit der Aluminiumschicht.

Die Prüfung ist wie unter b) 2 vorzunehmen, jedoch ist für die Entfettung statt Benzin Äther zu verwenden.

d) Lackierung oder sonstiger Überzug als Rostschutz.

Die Rohrstücke müssen zunächst gründlich entfettet werden. Danach ist die Prüfung auf Gleichmäßigkeit des Rostschutzes in gleicher Weise wie unter b) 2 vorzunehmen.

§ 8.

Mechanische Festigkeit von Rohren.

a) Falzrohre, Stahlrohre mit und ohne Auskleidung. Die Rohre müssen so beschaffen sein, daß sie beim Biegen nicht brechen und der Falz nicht aufgeht bzw. die Längsnaht nicht platzt.

b) Falzrohre nach DIN VDE 9025, 9026, 9027 und 9028 bis einschließlich der mit 29/34,5 bezeichneten Größe. Rohrstücke werden mit einer Biegezange für Falzrohre gebogen, so daß eine Gesamtbiegung von 90° erreicht wird. Der Falz muß hierbei seitlich liegen. Die Anzahl und die Abstände der Einkerbungen sowie der mittlere Krümmungshalbmesser müssen dabei den Werten in Tafel I entsprechen.

Tafel I.

1	2	3	4
Bezeichnung des Falzrohres	Anzahl der Einkerbungen etwa	Abstand der einzelnen Einkerbungen etwa mm	mittlerer Krümmungshalbmesser etwa mm
7/11	18	5	65
9/13	20	5	75
11/15,8	20	5,5	90
13,5/18,7	20	7	105
16/21,2	25	8	125
23/28,5	30	9	160
29/34,5	30	10	200

c) Stahlrohre nach DIN VDE 9010 und 9020 bis einschließlich der mit 21 bezeichneten Größe. Rohrstücke werden mit einer handelsüblichen Biegevorrichtung so gebogen, daß eine Gesamtbiegung von 90° erreicht wird. Die auftretende Verflachung des Rohres darf die in der Tafel II angegebenen Werte nicht überschreiten.

Tafel II.

1	2	3	4
Bezeichnung nach DIN VDE 9010 (Stapa-Rohr)	Bezeichnung nach DIN VDE 9020 (Stahlrohr)	Halbmesser r mm	Zulässige Abflachung %
—	10/Pg 7	90	5
9/Pg 9	12,7/Pg 9	110	5
11/Pg 11	16/Pg 11	110	10
13,5/Pg 13	17,8/Pg 13,5	140	12
16/Pg 16	19,8/Pg 16	140	15
21/Pg 21	25,3/Pg 21	160	15

d) Stahlrohr nach DIN VDE 9021 bis einschließlich der mit 23,8/26 bezeichneten Größe. Rohrstücke werden mit einer Biegevorrichtung für dünnwandige Stahlrohre so gebogen, daß eine Gesamtbiegung von 90° erreicht wird. Die auftretende Verflachung des Rohres darf die in der Tafel III angegebenen Werte nicht überschreiten.

Tafel III.

1	2	3
Bezeichnung nach DIN VDE 9021 (Steckrohr)	Halbmesser r mm	Zulässige Abflachung %
8,2/10	75	5
11,2/13	110	10
14,2/16	140	10
16,5/18,5	180	12
23,8/26	250	15

e) Biegefähige Rohre ohne Metallmantel nach DIN VDE 9000 müssen die Herstellung von Bogen mit einem Halbmesser gleich dem fünffachen des Rohraußendurchmessers gestatten.

Rohrstücke werden von Hand so gebogen, daß eine Gesamtbiegung von 90° erreicht wird; sie dürfen hierbei nicht knicken.

§ 9.

Muffen, Bogen, Winkelstücke und dgl.

a) Muffen, Bogen, Winkelstücke u. dgl. müssen hinsichtlich der Werkstoffe, der Abmessungen und des Rostschutzes den vorstehenden Bestimmungen sinngemäß entsprechen.

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G.m.b.H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für Installationsmaterial.

Der Ausschuß für Installationsmaterial hatte einen Entwurf zu VDE 0605 „Vorschriften für Installationsrohre für elektrische Anlagen" aufgestellt, der in ETZ 58 (1937) S. 1381 veröffentlicht war.

Unter Berücksichtigung der eingegangenen Einsprüche wurden einige Änderungen vorgenommen.

Die sich hiernach ergebende endgültige Fassung der Vorschriften, die in ETZ 60 (1939) S. 789 veröffentlicht ist, ist vom Vorsitzenden des VDE im Juni 1939 genehmigt worden und tritt am 1. Januar 1940 in Kraft.

Zum gleichen Termin wurden die §§ 89 und 92 von VDE 0610/X. 38 für ungültig erklärt.

Ausschuß für Akkumulatoren.

Der Ausschuß für Akkumulatoren hatte in ETZ 1939, H. 5, S. 134 einen Entwurf zu

VDE 0809 „Vorschriften für Kraftfahrzeug-Anlaß- und -Beleuchtungs-Batterien"

veröffentlicht. In diesen Entwurf wurde lediglich eine Zusatzbestimmung folgenden Inhalts als § 8 aufgenommen:

„§ 8.

Wiederholung der Prüfungen.

Der Lieferer kann, sofern die erste Prüfung kein befriedigendes Ergebnis zeigt, eine zweimalige Wiederholung fordern."

Die damit vorliegende endgültige Fassung der Vorschriften wurde vom Vorsitzenden des VDE im Mai 1939 genehmigt und tritt am 1. August 1939 in Kraft.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Neu erschienene Normblätter für Elektrotechnik.

Die nachstehend aufgeführten Normblätter sind neu erschienen und können vom Beuth-Vertrieb, G. m. b. H., Berlin SW 68, Dresdener Str. 97, bezogen werden.

Benennungen, Formelzeichen.

DIN VDE 115 Spannungsdifferenzen in der Starkstromtechnik. Benennungen (Juni 1939)
DIN VDE 121 Formelzeichen für den Elektromaschinenbau (Juni 1939)

Isolierstoffe.

DIN VDE 612 Glimmer-Erzeugnisse in Platten (April 1939)
DIN VDE 614 Glimmer-Erzeugnisse in Rollen (April 1939)

Rundfunkgerät.

DIN VDE 1560 Röhrenfassung mit 5 Seitenkontakten. Fassung, Lehren (April 1939)
DIN VDE 1561 Röhrensockel mit 5 Seitenkontakten. Sockel. Lehre (April 1939)
DIN VDE 1564 Röhrenfassung mit 8 Seitenkontakten. Fassung, Lehren (April 1939)
DIN VDE 1565 Röhrensockel mit 8 Seitenkontakten. Sockel, Lehre (April 1939)

Elektrische Maschinen.

DIN VDE 2942 Wellenenden, Riemenscheiben, Befestigungsflansche: Zuordnung zu den Leistungen (April 1939)

Installationsrohr.

DIN VDE 9000 Rohre ohne Metallmantel, G-Rohr (2. Ausgabe, April 1939)
DIN VDE 9010 Stahlrohr mit Gewinde und Auskleidung — Stapa-Rohr (Stahlpanzerrohr) (2. Ausgabe, April 1939)
DIN VDE 9020 Stahlrohr ohne Auskleidung mit Gewinde (April 1939)
DIN VDE 9021 Stahlrohr ohne Auskleidung (Steckrohr) (April 1939)
DIN VDE 9025 Ms-Falzrohr mit Mantel aus Messingblech (April 1939)
DIN VDE 9026 Pb-Falzrohr mit Mantel aus verbleitem Stahlblech (April 1939)
DIN VDE 9027 Al-Falzrohr mit Mantel aus Stahlblech mit Aluminiumauflage (April 1939)
DIN VDE 9028 L-Falzrohr mit Mantel aus lackiertem Stahlblech (April 1939)

Installationsmaterial.

DIN VDE 9070 Unterputzdosen aus Isolierstoff für Schalter und Steckdosen. Richtmaße (Januar 1939)
DIN VDE 9401 Zweipoliger Stecker, 6 A, 250 V (3. Ausgabe, Januar 1939)
DIN VDE 9402 Zweipolige Steckdose, 10 A, 250 V (4. Ausgabe, April 1939)
DIN VDE 9451 Dreipoliger Stecker mit Schutzkontakt, metallgekapselt, 15 bis 100 A, 220/380 und 500 V (2. Ausgabe, Januar 1939)

DIN 476 Papierformate, Formatordnung, Faltungen, Gebrauchsformen, Druckvermerke (4. Ausgabe, April 1939)
DIN 780 Zahnräder, Modulreihe (3. Ausgabe, Mai 1939)
DIN 1311 Schwingungslehre. Benennungen (Mai 1939)
DIN 1716 Bleibronze (April 1939)
DIN 1755 Messingrohr, nahtlos gezogen (4. Ausgabe, Januar 1939)
DIN 1774 Messingblech, Messingband, Messingstreifen, kalt gewalzt. Technische Lieferbedingungen. (2. Ausgabe, Januar 1939)
DIN 1776 Messing-Vollprofile, Rund-, Flach-, Vierkant-, Sechskant- und Winkelmessing, gezogen und gepreßt. Technische Lieferbedingungen (3. Ausgabe, Januar 1939)
DIN 1780 Blech und Band für Federn aus Neusilber. Technische Lieferbedingungen (2. Ausgabe, April 1939)
DIN 1781 Federblech, Federband aus Nichteisenmetallen, Prüfverfahren (2. Ausgabe, Januar 1939)
DIN 7701 Kunstharz-Preßstoffe, warmgepreßt (2. Ausgabe, Januar 1939)

DIN DENOG 770 Chemische Thermometer, Erläuterungen (Februar 1939)

DIN DVM 3508 Prüfung von Gummi, künstliche Alterung von Weichgummi (Februar 1939)
DIN DVM 3551 —. Chemische Prüfverfahren, Probenahme (Februar 1939)
DIN DVM 3554 —. Chemische Prüfverfahren. Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes (Februar 1939)
DIN DVM 3556 —. Chemische Prüfverfahren. Bestimmung der wasserlöslichen Bestandteile (Februar 1939)
DIN DVM 3557 —. Chemische Prüfverfahren. Bestimmung der azetonlöslichen Bestandteile (Februar 1939)
DIN DVM 3558 —. Chemische Prüfverfahren. Bestimmung der chloroformlöslichen Bestandteile (Februar 1939)

DIN DVM 3559 —. Chemische Prüfverfahren. Bestimmung der in halbnormaler methylalkoholischer Kalilauge löslichen Bestandteile (Februar 1939)

DIN DVM 3560 —. Chemische Prüfverfahren. Bestimmung der in Xylol löslichen Bestandteile (Februar 1939)

DIN DVM 3568 —. Chemische Prüfverfahren. Bestimmung der mineralischen Bestandteile durch Veraschung (Februar 1939)

DIN DVM 3676 Prüfung von Leichtkraftstoffen. Wasseraufnahmevermögen (Wasserwert) (Februar 1939)

DIN DVM 3678 Prüfung von Leichtkraftstoffen (Säurewert) (Februar 1939)

KM 5 Sinnbilder; Sinnbilder für schematische Pläne (April 1939)

DIN Kr 2520 Glühkerzen, zweipolig, Einbau (April 1939)

DIN TEX 800 Zellwolle (Januar 1939).

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein.

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus. Fernsprecher: 34 88 85.

Ausflug zur Löcknitz.

Am Sonnabend, dem 8. Juli 1939, veranstaltet der Bezirk Berlin seinen herkömmlichen Ausflug mit Angehörigen. Die Dampferfahrt geht pünktlich um 14[00] ab Landebrücke Treptow durch Spree, Müggelsee, Dämeritzsee, Flakensee und Löcknitz. Die gemeinsame Kaffee- und Abendtafel findet auf den Löcknitz-Terrassen bei Erkner statt.

Der Preis für die Teilnehmerkarte beträgt für Mitglieder des VDE und deren Familienangehörige 3,— RM, für eingeführte Gäste 4,— RM. In diesen Preisen sind Dampferfahrt, Nachmittagskaffee und Abendessen eingeschlossen. Für eine um 17[15] beginnende Motorbootfahrt durch die Löcknitz, den Werlsee in Richtung Möllensee können Karten zum ermäßigten Preise von 0,80 RM gleichzeitig mit der Teilnehmerkarte bei der Geschäftstelle des VDE Bezirk Berlin bestellt werden. Sie werden den Teilnehmern bei Voreinsendung des Betrages auf das Postscheckkonto des VDE Bezirk Berlin, Berlin Nr. 133 02 durch die Post zugestellt.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Württemberg, Stuttgart. 1. u. 2. 7. (Sa u. So): Ausflug nach Biberach (Kameradschaftsabend mit Biberacher und Ulmer Fachgenossen) und Besichtigung des Unterwasserkraftwerks Steinbach (m. Damen). Kosten für den Omnibus übernimmt der VDE.

Metall und Erz E. V., Berlin. 30. 6. bis 2. 7. (Fr bis So): Metalltag in Graz. Näheres durch die Geschäftsstelle: Berlin W 35, Lützowstr. 89-90.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

I. Wiligut †. — Am 19. Mai d. J. starb im 60. Lebensjahr Herr Imre Wiligut VDE, Oberingenieur und Prokurist der Siemens & Halske AG. Auf seinem Arbeitsgebiet, das er 35 Jahre betreute, darunter etwa 20 Jahre in verantwortlicher leitender Stellung, hat er sich besondere Verdienste um die Entwicklung und Einführung von Feuermeldeanlagen, Polizeirufanlagen, hochwertigen Raumschutz- und Sicherheitsanlagen sowie elektrischen Uhrenanlagen erworben. Auch der VDE beklagt den Verlust eines eifrigen Mitarbeiters.

Hochschulnachrichten. — Herr Dr.-Ing. habil. Friedrich Kirschstein VDE, ist unter Zuweisung an die Fakultät für Maschinenwesen der T. H. Berlin zum Dozenten für das Fach „Fernsehen" ernannt worden.

EINGÄNGE.

Bücher.

[Ausführliche Besprechungen vorbehalten.]

Galvanotechnik (Galvanostegie und Galvanoplastik). Von H. Krause, 9. verbess. Aufl. Mit 21 Abb., einem Bilderanhang, VIII u. 269 S. im Format A 5. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1939. Preis kart. 5,40 RM.

Internationales Wörterbuch der Lichttechnik. 1. Ausgabe. Herausgegeben von der Internationalen Beleuchtungs-Kommission (IBK). Mit 42 S. im Format 215×270 mm. Zu beziehen beim Zentralbureau der IBK, The National Physical Laboratory, Teddington, England. Preis 2 Schillinge.

RKW-Schriften-Verzeichnis. Herausgeg. vom Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit, Berlin W 9, Linkstr. 18. Wird kostenfrei abgegeben.

Doktordissertationen.

Gaston Borgeaud, Le passage en courbes de véhicules de chemin de fer, dont les essieux fournissent un effort de traction continu. E. T. H. Zürich 1937.

Georg Busch, Neue Seignette-Elektrika. E. T. H. Zürich 1938.

Walter Deck, Entwicklung eines lichtelektrischen Spektralphotometers für Messungen größter Genauigkeit im kurzwelligen Ultraviolett. Diskussion der Grenzen solcher Messungen. E. T. H. Zürich 1938.

Hans Moser, Untersuchung und Berechnung von nutenlosen, geschichteten Rotoren in Asynchronmotoren. E. T. H. Zürich 1938. (Sonderdruck aus dem Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 1938.)

Josef Müller-Strobel, Streuzeit und Wahrscheinlichkeit bei Stoßdurchschlägen. E. T. H. Zürich 1938. [Sonderdruck aus Arch. Elektrotechn. 32 (1938) Heft 11.]

Guido Nobile, Nuovo sistema di modulazione per microonde. E. T. H. Zürich 1938. [Sonderdruck aus Alta Frequenza 7 (1938) Jan., S. 29.]

Andreas Valko, Sekundärstrahlen der kosmischen Strahlung aus Kohle. E. T. H. Zürich 1938.

Paul Huber, Eine Hochspannungsapparatur zur Erzeugung von Neutronen aus der Kernreaktion $D_1^2 + D_1^2 = He_2^3 + n_0^1$. Messung von Ausbeute und Energie der Neutronen. T. H. Zürich 1938.

Johanna Glassner, Zur Kenntnis der Lumineszenzfähigkeit des reinen Zinksulfids. T. H. Berlin 1938.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Direktor Dipl.-Ing. H. Besold, Berlin-Charlottenburg 9, Sachsenplatz 10.
Prof. Dr. R. Feldtkeller, Technische Hochschule Stuttgart, Gustav-Siegle-Straße 9.
Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE, Berlin-Siemensstadt, Goebelstr. 117.
Prof. K. Küpfmüller VDE, Berlin-Charlottenburg 9, Eichenallee 64.
Direktor Dr. F. Lange, Berlin-Schlachtensee, Hoensbroechstr. 47.
Dipl.-Ing. H. Masukowitz, Hanau a. M., Haydnstr. 13.
Dipl.-Ing. G. Meiners VDE, Berlin-Südende, Doellestr. 47.
Oberbaurat Prof. A. Rachel, Berlin-Charlottenburg 9, Karolingerplatz 7.
Prof. Dr. C. Ramsauer, Berlin-Tegel, Adelheidallee 3.
Direktor Dr.-Ing. M. Schleicher VDE, Berlin-Charlottenburg 9, Insterburgallee 28.
Prof. Dr. G. A. Schwaiger, Wien IV/50, Argentinier Str. 30a.
Prof. Dr.-Ing. H. Sequenz VDE, Wien 56, Linke Wienzeile 118.
Prof. Dr.-Ing. R. G. Weigel, Karlsruhe-Rüppur, Heidelberger Str. 8.
Prof. Dr.-Ing. E. Wist, Wien XIII, Beckmanngasse 16.

Abschluß des Heftes: 23. Juni 1939.

Wissenschaftliche Leitung: **Harald Müller VDE**
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: **G. H. Winkler VDE**
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4. Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Gleichrichter-Ladeanlagen für batterie-elektrisch angetriebene Fahrzeuge

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Mit den Bestrebungen zur bevorzugten Verwendung heimischer Treibstoffe hat das Elektrofahrzeug stetig an Bedeutung gewonnen; in dem hauptsächlich in Betracht kommenden Anwendungsbereich des Stadt- und Nah-Verkehrs, sowie im Flurförderwesen ist es als das wirtschaftlichste und vielfach allein geeignete Beförderungsmittel anzusprechen. Die Verwendung von Batterien für die Energieaufpeicherung bedingt das Vorhandensein von Gleichstrom für die Wiederaufladung. Da jedoch nur in den wenigsten Fällen ein Gleichstromnetz zur Verfügung steht und außerdem die Ladung der 20- bzw. 40zelligen Bleibatterien oder der entsprechenden Stahlbatterien bei Vorhandensein der üblichen Gleichspannung von 220 V wegen der hohen Verluste in den erforderlichen Vorschaltwiderständen äußerst unwirtschaftlich wäre, hat die Umformung der fast überall vorhandenen Drehstromspannung in die jeweilig zweckmäßigste niedrige Gleichspannung erhöhte Bedeutung.

AEG K 61106

1 = Drehstromschalter mit bes. Unterspannungsauslöser
2 = Ladedrosseln
3 = Umspanner
4 = Zündwicklung
5 = Anodensicherungen
6 = Glaskörper
7 = Zündmagnet
7a = Zündwiderstand
8 = Zündschalter
9 = Kathodensicherung
10 = Kathodendrossel
11 = Ladeschalter Bauart Pöhler

Abb. 1. Stromlauf eines Quecksilberdampf-Ladegleichrichters für Elektrofahrzeug-Batterien zum Anschluß an Drehstrom.

Die Anforderungen, die von den Elektrofahrzeugbesitzern an eine derartige Ladeanlage gestellt werden, setzen einen möglichst einfachen Aufbau, kleinsten Platzbedarf, eine allerorts mögliche leichte Unterbringung, ferner geringe Wartung, sowie die selbsttätige und stets unveränderte Durchführung des Ladevorganges voraus. Des weiteren wird auf einen geräuschlosen Betrieb und eine gute Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage besonderer Wert gelegt. Als ruhender Umformer bietet der Gleichrichter die Gewähr für die Erfüllung sämtlicher Bedingungen; die große Anzahl der in einwandfreiem Betrieb befindlichen Anlagen hat dies hinreichend bewiesen.

Strom-Zeit-Verlauf mit Doppel-Ladedrossel
Strom-Zeit-Verlauf mit Einfach-Ladedrossel
→ Ladestrom
→ Ladezeit
AEG K 61107

Abb. 2. Ladestrom-Zeitverlauf bei selbsttätiger Reglung durch Ladestromspule.

Im wesentlichen besteht der Gleichrichter (Abb. 1) aus dem Netzschalter oder Schütz für selbsttätiges Ein- und Ausschalten vom Drehstromnetz, aus dem Umspanner, den Ladedrosselspulen, dem Gleichrichterventil, ferner den Sicherungen und den Meßgeräten und den die ordnungsgemäße Aufladung überwachenden Ladeschalter System Pöhler. Die elektrische Bemessung der Gleichrichter ist derart festgelegt, daß zu Beginn der Ladung der volle Nenn-Ladestrom fließt. Mit zunehmender Ladedauer wird durch die Ladedrosselspule für eine fortlaufende Erhöhung der Ladespannung gesorgt, wobei sich bis zum Ende der Ladung ein allmählich abfallender Stromverlauf ergibt (Abb. 2). — In den meisten Fällen kann damit gerechnet werden, daß für die Ladung die Nachtzeit zur Verfügung steht, so daß als Anfangsladestrom nur der normale Ladestrom der Batterie einzusetzen ist. Für diesen Fall wird der Gleichrichter mit einer Einfach-Ladedrosselspule ausgerüstet. Ist dagegen die Ladezeit, bedingt durch die Art der Betriebsführung, auf einen geringeren Zeitabschnitt beschränkt, bei der es nicht möglich wäre, die Batterie bis zu dem Höchstwert ihrer Kapazität aufzuladen, so ist es erforderlich, mit dem größten Ladestrom der Batterie zu beginnen und eine Doppel-Drosselspule zu verwenden, durch die ein Ladestromverlauf erzielt wird, wie er in Abb. 2 gestrichelt wiedergegeben ist.

Mit Rücksicht auf die inneren Vorgänge in der Batterie und zum Vermeiden unnötigen Gasens und Erwärmens wird durch die Doppel-Drosselspule nach Erreichen des Spannungszustandes von 2,4 V je Bleizelle der Ladestrom erheblich herabgesetzt.

AEG K 61108

Abb. 3. Gleichrichter-Ladeanlage für Elektrokarrenbatterien, bestehend aus 5 Einzelgleichrichtern.

Die selbsttätige Abwicklung des Ladevorganges kann auch auf die zeitliche Nacheinanderladung von zwei Batterien ausgedehnt werden. Hierbei erhält das Gleichrichtergerät noch ein Umschaltrelais und einen zweiten selbsttätigen Ladeschalter. Diese Art des Ladevorganges setzt jedoch eine genügende Zeitspanne für ordnungsgemäßes Aufladen der Batterie voraus.

Die Aufnahme der bei der Ladung entstehenden Spannungsdifferenz zwischen 2 und 2,75 V je Zelle wird durch die Ladedrosselspulen praktisch verlustlos erzielt. Die gleichen Angaben gelten sinngemäß auch für die Ladung von alkalischen Batterien, jedoch werden die Gleichrichter wegen des notwendigen flacheren Ladestromverlaufes leistungsmäßig etwas stärker bemessen.

Bei der Erstellung von Ladeeinrichtungen für mehrere Batterien entscheidet man sich zweckmäßigerweise für die unabhängige Einzelladung, da gerade beim Elektrofahrzeugbetrieb nur in Ausnahmefällen stets gleiche Batterieentladungen vorausgesetzt werden können. Auch hierbei werden Gleichrichter mit selbstregelnder Ladedrosselspule verwendet. Für Ladeanlagen mit 20 und mehr Ladestellen kann eine Vereinfachung durch einen gemeinsamen Uebersetzungsumspanner, gegebenenfalls für Hochspannungsanschluß, getroffen werden. Durch den selbsttätigen Pöhler-Ladeschalter, mit dem die beschriebenen Gleichrichter grundsätzlich ausgerüstet werden, wird eine selbsttätige Abwicklung des Ladevorganges erwirkt.

Die AEG baut Ladegleichrichter für einphasigen und dreiphasigen Netzanschluß als Glühkathoden-, Quecksilberdampf- oder Trockengleichrichter. Abb. 3 veranschaulicht eine aus 5 Einzelgleichrichtern bestehende, im Kellerraum eines Bürogebäudes untergebrachte Ladeanlage.

DIN DVM 3559 —. Chemische Prüfverfahren. Bestimmung der in halbnormaler methylalkoholischer Kalilauge löslichen Bestandteile (Februar 1939)
DIN DVM 3560 —. Chemische Prüfverfahren. Bestimmung der in Xylol löslichen Bestandteile (Februar 1939)
DIN DVM 3568 —. Chemische Prüfverfahren. Bestimmung der mineralischen Bestandteile durch Veraschung (Februar 1939)
DIN DVM 3676 Prüfung von Leichtkraftstoffen. Wasseraufnahmevermögen (Wasserwert) (Februar 1939)
DIN DVM 3678 Prüfung von Leichtkraftstoffen (Säurewert) (Februar 1939)

KM 5 Sinnbilder; Sinnbilder für schematische Pläne (April 1939)

DIN Kr 2520 Glühkerzen, zweipolig, Einbau (April 1939)

DIN TEX 800 Zellwolle (Januar 1939).

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein.

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus. Fernsprecher: 34 88 85.

Ausflug zur Löcknitz.

Am Sonnabend, dem 8. Juli 1939, veranstaltet der Bezirk Berlin seinen herkömmlichen Ausflug mit Angehörigen. Die Dampferfahrt geht pünktlich um 14^{00} ab Landebrücke Treptow durch Spree, Müggelsee, Dämeritzsee, Flakensee und Löcknitz. Die gemeinsame Kaffee- und Abendtafel findet auf den Löcknitz-Terrassen bei Erkner statt.

Der Preis für die Teilnehmerkarte beträgt für Mitglieder des VDE und deren Familienangehörige 3,— RM, für eingeführte Gäste 4,— RM. In diesen Preisen sind Dampferfahrt, Nachmittagskaffee und Abendessen eingeschlossen. Für eine um 17^{15} beginnende Motorbootfahrt durch die Löcknitz, den Werlsee in Richtung Möllensee können Karten zum ermäßigten Preise von 0,80 RM gleichzeitig mit der Teilnehmerkarte bei der Geschäftstelle des VDE Bezirk Berlin bestellt werden. Sie werden den Teilnehmern bei Voreinsendung des Betrages auf das Postscheckkonto des VDE Bezirk Berlin, Berlin Nr. 133 02 durch die Post zugestellt.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Württemberg, Stuttgart. 1. u. 2. 7. (Sa u. So): Ausflug nach Biberach (Kameradschaftsabend mit Biberacher und Ulmer Fachgenossen) und Besichtigung des Unterwasserkraftwerks Steinbach (m. Damen). Kosten für den Omnibus übernimmt der VDE.

Metall und Erz E. V., Berlin. 30. 6. bis 2. 7. (Fr bis So): Metalltag in Graz. Näheres durch die Geschäftsstelle: Berlin W 35, Lützowstr. 89-90.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

I. Wiligut †. — Am 19. Mai d. J. starb im 60. Lebensjahr Herr Imre Wiligut VDE, Oberingenieur und Prokurist der Siemens & Halske AG. Auf seinem Arbeitsgebiet, das er 35 Jahre betreute, darunter etwa 20 Jahre in verantwortlicher leitender Stellung, hat er sich besondere Verdienste um die Entwicklung und Einführung von Feuermeldeanlagen, Polizeirufanlagen, hochwertigen Raumschutz- und Sicherheitsanlagen sowie elektrischen Uhrenanlagen erworben. Auch der VDE beklagt den Verlust eines eifrigen Mitarbeiters.

Hochschulnachrichten. — Herr Dr.-Ing. habil. Friedrich Kirschstein VDE, ist unter Zuweisung an die Fakultät für Maschinenwesen der T. H. Berlin zum Dozenten für das Fach „Fernsehen" ernannt worden.

EINGÄNGE.

Bücher.

[Ausführliche Besprechungen vorbehalten.]

Galvanotechnik (Galvanostegie und Galvanoplastik). Von H. Krause, 9. verbess. Aufl. Mit 21 Abb., einem Bilderanhang, VIII u. 269 S. im Format A 5. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1939. Preis kart. 5,40 RM.

Internationales Wörterbuch der Lichttechnik. 1. Ausgabe. Herausgegeben von der Internationalen Beleuchtungs-Kommission (IBK). Mit 42 S. im Format 215×270 mm. Zu beziehen beim Zentralbureau der IBK, The National Physical Laboratory, Teddington, England. Preis 2 Schillinge.

RKW-Schriften-Verzeichnis. Herausgeg. vom Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit, Berlin W 9, Linkstr. 18. Wird kostenfrei abgegeben.

Doktordissertationen.

Gaston Borgeaud, Le passage en courbes de véhicules de chemin de fer, dont les essieux fournissent un effort de traction continu. E. T. H. Zürich 1937.

Georg Busch, Neue Seignette-Elektrika. E. T. H. Zürich 1938.

Walter Deck, Entwicklung eines lichtelektrischen Spektralphotometers für Messungen größter Genauigkeit im kurzwelligen Ultraviolett. Diskussion der Grenzen solcher Messungen. E. T. H. Zürich 1938.

Hans Moser, Untersuchung und Berechnung von nutenlosen, geschichteten Rotoren in Asynchronmotoren. E. T. H. Zürich 1938. (Sonderdruck aus dem Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 1938.)

Josef Müller-Strobel, Streuzeit und Wahrscheinlichkeit bei Stoßdurchschlägen. E. T. H. Zürich 1938. [Sonderdruck aus Arch. Elektrotechn. 32 (1938) Heft 11.]

Guido Nobile, Nuovo sistema di modulazione per microonde. E. T. H. Zürich 1938. [Sonderdruck aus Alta Frequenza 7 (1938) Jan., S. 29.]

Andreas Valko, Sekundärstrahlen der kosmischen Strahlung aus Kohle. E. T. H. Zürich 1938.

Paul Huber, Eine Hochspannungsapparatur zur Erzeugung von Neutronen aus der Kernreaktion $D_1^2 + D_1^2 = He_2^3 + n_0^1$. Messung von Ausbeute und Energie der Neutronen. T. H. Zürich 1938.

Johanna Glassner, Zur Kenntnis der Lumineszenzfähigkeit des reinen Zinksulfids. T. H. Berlin 1938.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Direktor Dipl.-Ing. H. Besold, Berlin-Charlottenburg 9, Sachsenplatz 10.
Prof. Dr. R. Feldtkeller, Technische Hochschule Stuttgart, Gustav-Siegle-Straße 9.
Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE, Berlin-Siemensstadt, Goebelstr. 117.
Prof. K. Küpfmüller VDE, Berlin-Charlottenburg 9, Eichenallee 64.
Direktor Dr. F. Lange, Berlin-Schlachtensee, Hoensbroechstr. 47.
Dipl.-Ing. H. Masukowitz, Hanau a. M., Haydnstr. 13.
Dipl.-Ing. G. Meiners VDE, Berlin-Südende, Doellestr. 47.
Oberbaurat Prof. A. Rachel, Berlin-Charlottenburg 9, Karolingerplatz 7.
Prof. Dr. C. Ramsauer, Berlin-Tegel, Adelheidallee 3.
Direktor Dr.-Ing. M. Schleicher VDE, Berlin-Charlottenburg 9, Insterburgallee 28.
Prof. Dr. G. A. Schwaiger, Wien IV/50, Argentinier Str. 30a.
Prof. Dr.-Ing. H. Sequenz VDE, Wien 56, Linke Wienzeile 118.
Prof. Dr.-Ing. R. G. Weigel, Karlsruhe-Rüppur, Heidelberger Str. 8.
Prof. Dr.-Ing. E. Wist, Wien XIII, Beckmanngasse 16.

Abschluß des Heftes: 23. Juni 1939.

Wissenschaftliche Leitung: **Harald Müller VDE**
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: **G. H. Winkler VDE**
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Gleichrichter-Ladeanlagen für batterie-elektrisch angetriebene Fahrzeuge

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Mit den Bestrebungen zur bevorzugten Verwendung heimischer Treibstoffe hat das Elektrofahrzeug stetig an Bedeutung gewonnen; in dem hauptsächlich in Betracht kommenden Anwendungsbereich des Stadt- und Nah-Verkehrs, sowie im Flurförderwesen ist es als das wirtschaftlichste und vielfach allein geeignete Beförderungsmittel anzusprechen. Die Verwendung von Batterien für die Energieaufpeicherung bedingt das Vorhandensein von Gleichstrom für die Wiederaufladung. Da jedoch nur in den wenigsten Fällen ein Gleichstromnetz zur Verfügung steht und außerdem die Ladung der 20- bzw. 40zelligen Bleibatterien oder der entsprechenden Stahlbatterien bei Vorhandensein der üblichen Gleichspannung von 220 V wegen der hohen Verluste in den erforderlichen Vorschaltwiderständen äußerst unwirtschaftlich wäre, hat die Umformung der fast überall vorhandenen Drehstromspannung in die jeweilig zweckmäßigste niedrige Gleichspannung erhöhte Bedeutung.

Die Anforderungen, die von den Elektrofahrzeugbesitzern an eine derartige Ladeanlage gestellt werden, setzen einen möglichst einfachen Aufbau, kleinsten Platzbedarf, eine allerorts mögliche leichte Unterbringung, ferner geringe Wartung, sowie die selbsttätige und stets unveränderte Durchführung des Ladevorganges voraus. Des weiteren wird auf einen geräuschlosen Betrieb und eine gute Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage besonderer Wert gelegt. Als ruhender Umformer bietet der Gleichrichter die Gewähr für die Erfüllung sämtlicher Bedingungen; die große Anzahl der in einwandfreiem Betrieb befindlichen Anlagen hat dies hinreichend bewiesen.

1 = Drehstromschalter mit bes. Unterspannungsauslöser
2 = Ladedrosseln
3 = Umspanner
4 = Zündwicklung
5 = Anodensicherungen
6 = Glaskörper
7 = Zündmagnet
7a = Zündwiderstand
8 = Zündschalter
9 = Kathodensicherung
10 = Kathodendrossel
11 = Ladeschalter Bauart Pöhler

Abb. 1. Stromlauf eines Quecksilberdampf-Ladegleichrichters für Elektrofahrzeug-Batterien zum Anschluß an Drehstrom.

Abb. 2. Ladestrom-Zeitverlauf bei selbsttätiger Reglung durch Ladestromspule.

Im wesentlichen besteht der Gleichrichter (Abb. 1) aus dem Netzschalter oder Schütz für selbsttätiges Ein- und Ausschalten vom Drehstromnetz, aus dem Umspanner, den Ladedrosselspulen, dem Gleichrichterventil, ferner den Sicherungen und den Meßgeräten und den die ordnungsgemäße Aufladung überwachenden Ladeschalter System Pöhler. Die elektrische Bemessung der Gleichrichter ist derart festgelegt, daß zu Beginn der Ladung der volle Nenn-Ladestrom fließt. Mit zunehmender Ladedauer wird durch die Ladedrosselspule für eine fortlaufende Erhöhung der Ladespannung gesorgt, wobei sich bis zum Ende der Ladung ein allmählich abfallender Stromverlauf ergibt (Abb. 2). — In den meisten Fällen kann damit gerechnet werden, daß für die Ladung die Nachtzeit zur Verfügung steht, so daß als Anfangsladestrom nur der normale Ladestrom der Batterie einzusetzen ist. Für diesen Fall wird der Gleichrichter mit einer Einfach-Ladedrosselspule ausgerüstet. Ist dagegen die Ladezeit, bedingt durch die Art der Betriebsführung, auf einen geringeren Zeitabschnitt beschränkt, bei der es nicht möglich wäre, die Batterie bis zu dem Höchstwert ihrer Kapazität aufzuladen, so ist es erforderlich, mit dem größten Ladestrom der Batterie zu beginnen und eine Doppel-Drosselspule zu verwenden, durch die ein Ladestromverlauf erzielt wird, wie er in Abb. 2 gestrichelt wiedergegeben ist.

Mit Rücksicht auf die inneren Vorgänge in der Batterie und zum Vermeiden unnötigen Gasens und Erwärmens wird durch die Doppel-Drosselspule nach Erreichen des Spannungszustandes von 2,4 V je Bleizelle der Ladestrom erheblich herabgesetzt.

Abb. 3. Gleichrichter-Ladeanlage für Elektrokarrenbatterien, bestehend aus 5 Einzelgleichrichtern.

Die selbsttätige Abwicklung des Ladevorganges kann auch auf die zeitliche Nacheinanderladung von zwei Batterien ausgedehnt werden. Hierbei erhält das Gleichrichtergerät noch ein Umschaltrelais und einen zweiten selbsttätigen Ladeschalter. Diese Art des Ladevorganges setzt jedoch eine genügende Zeitspanne für ordnungsgemäßes Aufladen der Batterie voraus.

Die Aufnahme der bei der Ladung entstehenden Spannungsdifferenz zwischen 2 und 2,75 V je Zelle wird durch die Ladedrosselspulen praktisch verlustlos erzielt. Die gleichen Angaben gelten sinngemäß auch für die Ladung von alkalischen Batterien, jedoch werden die Gleichrichter wegen des notwendigen flacheren Ladestromverlaufes leistungsmäßig etwas stärker bemessen.

Bei der Erstellung von Ladeeinrichtungen für mehrere Batterien entscheidet man sich zweckmäßigerweise für die unabhängige Einzelladung, da gerade beim Elektrofahrzeugbetrieb nur in Ausnahmefällen stets gleiche Batterieentladungen vorausgesetzt werden können. Auch hierbei werden Gleichrichter mit selbstregelnder Ladedrosselspule verwendet. Für Ladeanlagen mit 20 und mehr Ladestellen kann eine Vereinfachung durch einen gemeinsamen Uebersetzungsumspanner, gegebenenfalls für Hochspannungsanschluß, getroffen werden. Durch den selbsttätigen Pöhler-Ladeschalter, mit dem die beschriebenen Gleichrichter grundsätzlich ausgerüstet werden, wird eine selbsttätige Abwicklung des Ladevorganges erwirkt.

Die AEG baut Ladegleichrichter für einphasigen und dreiphasigen Netzanschluß als Glühkathoden-, Quecksilberdampf- oder Trockengleichrichter. Abb. 3 veranschaulicht eine aus 5 Einzelgleichrichtern bestehende, im Kellerraum eines Bürogebäudes untergebrachte Ladeanlage.

Ein neuer Schweißkopf für die selbsttätige Draht-Lichtbogenschweißung.

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Das immer größer werdende Anwendungsgebiet der elektrischen Lichtbogenschweißung in Verbindung mit dem Mangel an geschulten Handschweißern steigert den Wunsch, selbsttätige Lichtbogen-Schweißanlagen, die eine Leistungs- und Gütesteigerung mit sich bringen, anzuwenden, wo es nur immer möglich ist. Da derartige Anlagen das Verschweißen des Schweißdrahtes vom Ring ermöglichen, ist mit ihrer Verwendung auch eine erhebliche Werkstoffersparnis gegenüber dem Schweißen mit einzelnen Elektroden in Stabform verknüpft.

AEG — H 44579

1 = Stahlblechgehäuse, 2 = Bedienungstafel, 3 = Meßgeräte, 4 = Polwechselschalter, 5 = Schweißspannungsregler, 6 = Regler für Drahtvorschub-Geschwindigkeit, 7 = Schweißrelais, 8 = Betätigungsschalter, 9 = Schweißkopfbefestigung, 10 = Schweißdrahtauslösung, 11 = Düsenschwenkwerk, 12 = Drahtführungsdüse.

Abb. 1. AEG-Drahtschweißkopf, Bauart DA.

Der Hauptteil selbsttätiger Draht-Lichtbogen-Schweißanlagen ist der **Schweißkopf**, der in seinem Aufbau bei allen Ausführungsformen der Gesamtanlage gleich bleibt. Er dient dazu, den Schweißdraht vom Ring selbsttätig dem Lichtbogen so zuzuführen, daß dieser dauernd mit kürzestmöglicher und gleichbleibender Länge aufrechterhalten wird.

Abb. 1 zeigt die Außenansicht eines neuen **Drahtschweißkopfes** Bauart DA, der auf Grund langjähriger Erfahrungen entstand; Abb. 2 gibt seinen inneren Bau wieder. Ein geschweißtes Stahlgehäuse enthält alle Antriebs- und Regelteile, die denkbar einfach und betriebsicher sind und die auch einem elektrotechnisch ungeschulten Schweißer die Bedienung nach kurzer Anleitung ermöglichen. An der als Tafel ausgebildeten Vorderseite sind die Betätigungsmittel für die Einleitung und Reglung des Schweißvorganges und die Meßgeräte für Schweißstrom und -spannung angebracht. Der Kopf ist für Dauerschweißströme bis 400 A ausgelegt und erlaubt demgemäß das Verschweißen von Drähten niedriger oder hoher Zug- bzw. Verschleißfestigkeit und beliebig legierter Drähte von 2 bis 8 mm Durchmesser.

Um je nach der Art des verwendeten Schweißdrahtes mit dem Plus- oder Minuspol an der Elektrode schweißen zu können, ohne die Innenanschlüsse umlegen zu müssen, ist ein mehrpoliger **Umschalter** vorgesehen, der nur sinngemäß einzuschalten ist. Der obere Regelwiderstand an der Tafel dient zum Einstellen der Lichtbogenspannung und damit auch der Lichtbogenlänge, während mit dem unteren die Drehzahl des Antriebsmotors, der die Vorschubbewegung des Schweißdrahtes bewirkt, beliebig gewählt werden kann; damit läßt sich die Vorschubgeschwindigkeit dem Drahtdurchmesser und der Stromstärke in weiten Grenzen anpassen.

Ein seitlich am Gehäuse angebrachtes **Relais** überwacht den Schweißvorgang. Es wird von der Lichtbogenspannung beeinflußt und arbeitet fast funkenfrei, bedarf also kaum einer Wartung. Durch das Relais wird eine elektromagnetische Umkehrkupplung betätigt, so daß der Schweißdraht entweder vorwärts oder rückwärts läuft, je nachdem die Lichtbogenspannung und mit ihr die Lichtbogenlänge größer oder kleiner wird. Dieses Relais braucht aber nur bei plötzlichen größeren Lichtbogenänderungen, z. B. beim Zünden, in Tätigkeit zu treten, da die geringeren Schwankungen während des Schweißens auf eine zusätzliche Gegenfeldwicklung des Drahtvorschubmotors wirken und dadurch dessen Drehzahl beeinflussen. Bei wachsender Spannung wird also der Drahtvorschub beschleunigt, bei sinkender verzögert.

Um auch ältere Schweißstromerzeuger mit verhältnismäßig hoher Leerlaufspannung zur Speisung des Schweißkopfes verwenden zu können, ist vor die dadurch etwa gefährdeten Teile ein Eisen-Wasserstoffwiderstand eingebaut, der die Stromstärke selbsttätig in zulässigen Grenzen hält.

Der von einer Haspel ablaufende Schweißdraht verläßt den Schweißkopf durch eine der Entfernung von der Schweißnaht entsprechende Düse, die meist als Schwenkdüse ausgebildet ist. Nur bei größerem Abstand zwischen Kopf und Naht empfiehlt sich eine nur in der Länge verstellbare Festdüse. Dadurch, daß der Schweißstrom erst kurz vor dem Ende der Düse dem Draht zugeführt wird, lassen sich höhere Ströme als bei der Handschweißung mit längeren Stäben anwenden, und es ergibt sich eine wesentlich höhere Abschmelzleistung. Man kann mit einer etwa zwei- bis dreifach größeren Schweißgeschwindigkeit gegenüber der Handschweißung rechnen.

AEG — H 44578

1 = Rädergetriebe, 2 = Umkehrkupplung, 3 = Antriebsmotor, 4 = Eisenwasserstoff-Widerstand, 5 = Vielfach-Steckvorrichtung, 6 = Klemmschraube, 7 = Schweißstromanschluß, 8 = Vor- und Regelwiderstände.

Abb. 2. Aufbau des Drahtschweißkopfes, Bauart DA.

Der Zusammenbau des Schweißkopfes ist einfach. Der Kopf kann so in das Gehäuse eingesetzt werden, daß sich die Drahtdüse entweder rechts oder links befindet. Das Getriebe läßt sich bereits nach Lösen je einer Knebelschraube und einer Halteschraube herausnehmen. Der Schweißkopf wird dazu, wie Abb. 2 zeigt, seitlich aus dem Gehäuse herausgezogen. Wird nun noch eine mehrpolige Steckvorrichtung geöffnet, dann läßt sich das Getriebe herausnehmen, ohne daß ein einziger Klemmenanschluß gelöst zu werden braucht.

Der neue DA-Schweißkopf ist wegen seiner Einfachheit und Betriebsicherheit geeignet, die Anwendung der selbsttätigen Draht-Lichtbogenschweißung in hohem Maße zu fördern.

Leistungssteigerung von Einphasen-Kommutatormotoren für elektrische Lokomotiven.

Geschäftliche Mitteilung der AEG

Die Fertigstellung der 1′ Do 1′-Schnellzuglokomotive Baureihe E 19 der Deutschen Reichsbahn (Abb. 1), der 5000. Lokomotive, die in den Werkstätten der AEG vollständig erbaut wurde, gibt Anlaß zu einer kurzen Betrachtung über die Leistungssteigerung von Fahrmotoren in den letzten Jahren.

Abb. 1. Die 5000. elektrische Lokomotive der AEG.
Schnellzuglokomotive Reihe E 19 der Deutschen Reichsbahn. Die leistungsfähigste einrahmige elektrische Lokomotive der Welt. Stundenleistung 5420 PS, Höchstleistung 8000 PS, planmäßige Höchstgeschwindigkeit 180 km/h, Gewicht 114 t.

Im Jahre 1928 wurde für die 1′ Do 1′-Schnellzuglokomotive Reihe E 17, die zum erstenmal in der großen Anzahl von 38 Stück mit AEG-Federtopfantrieb ausgerüstet wurde, ein Doppelmotor entwickelt, dessen spezifisches Gewicht 9,8 kg/kW betrug. Einige Jahre später baute dann die AEG für die 23 Schnellzuglokomotiven 1′Co 1′ Reihe E 04 einen Einzelmotor, dessen spezifisches Leistungsgewicht nur noch 6,45 kg/kW betrug. Dieser Motor ist auch für die bis jetzt in Betrieb und Bau befindlichen 53 Schnellzuglokomotiven 1′ Do 1′ Reihe E 18 verwendet worden.

In letzter Zeit entstand der Wunsch nach einer noch leistungsfähigeren Schnellzuglokomotive als denjenigen der Baureihe E 18; die neue Ausführung sollte in ihrem äußeren Aufbau von dieser Baureihe nach Möglichkeit nicht abweichen. Dies führte im Jahre 1938 zum Bau der Schnellzuglokomotive E 19. Der für diese Lokomotive entwickelte Fahrmotor (Bild 2) hat ein spezifisches Leistungsgewicht von nur 5,65 kg/kW.

Abb. 2. Einphasen-Bahnmotor für 180 km/h Höchstgeschwindigkeit. (Einbau in die 5000. Lokomotive der AEG, Bauart 1′ Do 1′ E 19′)

In den letzten 10 Jahren ist es mithin der AEG gelungen, das spezifische Leistungsgewicht von Einphasen-Kommutatormotoren um rund 42,5% zu verringern. Bezogen auf Stundenleistung, gelang es bei dem zulässigen Achsdruck von 20 t bei Lokomotiven eine Steigerung der eingebauten Motorleistung von 690 kW auf 1000 kW je Achse zu erreichen. Das ist eine Leistungssteigerung von 45%.

Die Wege, die zu diesem Fortschritt eingeschlagen wurden, sind folgende: Der Motor wurde in seinen Hauptabmessungen, also in der Festlegung des aktiven Kupfer- und Eisengewichtes günstig ausgelegt; die Polzahl wurde bei gleicher Drehzahl erhöht, der Läuferdurchmesser wurde bei gleicher Läuferlänge vergrößert, Läuferwicklung und Nutenabmessungen, Luftspalt, Feld-, Wendefeld- und Kompensationswicklung wurden günstig gewählt, die übrigen Motorteile wurden gewichtsparend ausgebildet, und schließlich wurde für die bestmögliche Abfuhr der im Motor entstehenden Verlustwärme gesorgt.

Die Zusammenfassung und Ausnutzung aller bestehenden Möglichkeiten ergaben das Höchstmaß an Gewichtsverminderung und Leistungssteigerung.

Prüftransformatoren für sehr hohe Spannungen

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Für die Erzeugung von Spannungen von 1 Million Volt und darüber muß man Ausführungsformen von Prüfumspannern verwenden, die von der gewöhnlichen Bauart in mehr oder minder starkem Maße abweichen. Die

Abb. 1. Prüfumspanner für 1 Million Volt Betriebspannung.

AEG hat seit Herstellung des ersten Oeltransformators für Betriebspannungen bis 1 Million Volt gegen Erde in einer Stufe im Jahr 1930 diese Bauart in ständiger Weiterentwicklung soweit vervollkommnet, daß das Gewicht bei entsprechender Verminderung der Abmessungen von über 30 t auf fast 10 t herabgesetzt werden konnte. (Abb. 1).

Der 10-t-Prüfumspanner gleicht äußerlich einem Riesen-Kabelendverschluß; hinter der Durchführung tritt der Kessel mit dem eigentlich aktiven Teil fast ganz zurück. Diese kleinen Abmessungen werden dadurch ermöglicht, daß kein geschlossener Kern, sondern nur ein Kernstumpf verwendet wird; dieser liegt nicht, wie sonst meist üblich, auf Erdpotential, sondern ist mit dem isolierten Pol verbunden. Der Umspanner ist für Betrieb mit waagerechter Lage der Durchführung entworfen; es ist vorteilhaft, ihn auf einer Drehscheibe aufzubauen. In Abb. 2 ist der Prüfumspanner in zwei Betriebstellungen für Innenraum- und Freiluftprüfungen und außer Verwendung parallel zur Wand stehend dargestellt.

Für größere Leistungen oder für Spannungen von mehr als 1 Million Volt ist eine Unterteilung in mehrere, gewöhnlich in drei, Einheiten angebracht. Dies bringt die Möglichkeit mit sich, neben der einphasigen Prüfung auch Drehstrom-Versuche mit Sternschaltung durchzuführen, ferner können die Einheiten parallelgeschaltet oder einzeln verwendet werden. In vielen Fällen wird es auch als vorteilhaft empfunden, die ziemlich kostspielige Prüfanlage in einzelnen Stufen erstellen und erweitern zu können. Das Bauprogramm der AEG umfaßt drei solcher Kaskaden-Prüfumspanner, und zwar für eine Einphasen-Endspannung von 1000, 1500 und 3000 kV. Im Gegensatz zu bisher bekanntgewordenen Ausführungen werden diese Kaskaden in hängender Anordnung gebaut, wobei sich sehr günstige Verhältnisse für die Bauart des Hochspannungs-Laboratoriums und seine räumliche Ausnutzung ergeben (Abb. 3).

Abb. 3. Hängekaskade.

Jedes Glied der Kaskade hat zwei Durchführungen für die halbe Spannung. Die Wicklung ist in einen ölgefüllten Blechkessel eingebaut, der auf dem Potential der Wicklungsmitte liegt. Die einzelnen Umspanner können mit geerdeter Mitte oder mit einpoliger Erdung betrieben werden, da für beide Verhältnisse entsprechende Erregerwicklungen vorgesehen sind. Bei der Bemessung des Kernes und der Wicklungsanordnung ist auf die Innehaltung einer kleinen Kurzschlußspannung gesehen. Weiterhin ist an eine Kompensation des kapazitiven Laststromes gedacht; zur Erzielung gut sinusförmiger Spannungen auf der Hochspannungsseite, insbesondere in der Kaskadenschaltung, werden die Oberwellen im Magnetisierungsstrom kompensiert.

Abb. 2. Aufstellungsmöglichkeiten des 10-t-Prüfumspanners.

Stellengesuche

Betriebsingenieur

33 J., verh., ungekündigt, energisch u. zielbewußt, an verantwortungsvolles Arbeiten gewöhnt, 10 J. in verschiedenen Werken einer Elektro-Großfirma und Städt. Elt.-Werken tätig, reiche Erfahrungen in Betriebsüberwachung von Erzeugungs- und Gleichrichteranlagen, in Planung, Ausbau und Betrieb von Hoch- und Niederspannungsanlagen, Kabel- und Verteilungsnetzen, gute Kenntnisse im Zähler- und Tarifwesen, sucht leitende Stellung als Betriebsingenieur bei größerem Industriewerk oder Überlandwerk. Zuschriften erbeten an **P. Lonsky, Wesermünde,** Deutscher Ring 22. [2611]

Italien — Diplom-Ingenieur

Arier, ital. Staatsangehörig., deutsche Muttersprache, 15 Jahre Verkaufspraxis, zur Zeit in leitender Stellung bei Weltfirma, markterfahren, eingef. bei ital. Elektrizitätswerken, Behörden und Industrie, sucht zwecks Verbesserung einen selbständigen Wirkungskreis, möglichst in Italien. Angebote unter E. 2624 „Mit/cpt/3" an die Anz.-Abt.der ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Elektrotechniker

40 J., Pg., seit 1934 Betriebsleiter eines Gemeinde-Versorgungsbetriebes (Elektrizitäts- u. Wasserwerk) sucht sich zum 1. 4. 39 oder später zu verändern. Zuschriften erbeten an **Werner Geub, Baesweiler b. Aachen,** Fringsstr. 19. [2615]

Elektro-Ingenieur

(26 J., HTL.). Bisherige Tätigkeit: Projekt und Bau von elektr. Anlagen, speziell elektr. automatische Steuerungen und Beheizung von Maschinen.
Zwecks Veränderung entwicklungsreiche Stellung gesucht, möglichst Norddeutschland. [2629]
K. Rehberg, Hannover, Eichstraße 42 A.

Ingenieur

mit mehrjähriger Praxis in Prüfung und Entwicklung auf dem Rundfunk-Niederfrequenz- und Hochfrequenzgebiet sucht selbständige Laboratoriumstätigkeit. [2610]
Schulz, Berlin N 54, Veteranenstr. 3/IV.

Haushaltsberaterin

in Elektro-Küche u. Großküche erfolgreich tätig, geeignet für Vorträge, Kurse und Hausbesuche sucht sich zu verändern. Angebote unter E. 2625 an die Anzeigen-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Es ist schon stolzer, daß wir Deutsche heute entschlossen unsere Probleme selbst lösen und uns auch selbst helfen.
X.6 Adolf Hitler.
Bei der Eröffnungsfeier des WHW. 1938/39.

Stellenangebote

Lehrer für Fernmeldetechnik

Bei der **Luftnachrichtenschule Halle (Saale)** sind Stellen für

Diplom-Ingenieure

als Lehrer für Fernmeldetechnik zu besetzen.

Anstellung erfolgt nach TO. A. Bei Bewährung kann Übernahme in das Beamten-Verhältnis in Aussicht gestellt werden.

Bewerber mit Industrie- u. Lehrpraxis bevorzugt. Bewerbungen mit Lichtbild, Lebenslauf und Zeugnisabschriften an [2575]

Lehrgänge der Luftnachrichtenschule Halle (Saale), Hermann-Göring-Straße

Wir suchen **jüngere**

Ingenieure oder Techniker

für Projektierungs-Arbeiten und einfache elektrische Berechnungen für Hochspannungs-Freileitungen. Bei Bewährung wird Gelegenheit zur Einarbeitung in alle technischen Gebiete des Freileitungsbaues gegeben. [2631]

Brown, Boveri & Cie. A.-G., Mannheim 2, Schließfach 1040.
Personalbüro.

Katastertechniker

gesucht zur Anfertigung von Stadt- und Kabelplänen jeglicher Art. Vorbedingung: Ausbildung auf einem Katasteramt oder Abschlußprüfung einer Technischen Lehranstalt. Vergütung Gruppe VI a TO. A. Bewerbungen mit beglaubigten Zeugnisabschriften, Lebenslauf, arischem Nachweis sowie Probezeichnungen und Schriftproben sind umgehend einzureichen an den **Oberbürgermeister in Kiel — P. A. 2 —.** [2608]

Wir suchen zum baldmöglichsten Antritt einen

Buchhalter

für unsere kaufmännische Verwaltung mit Kenntnissen in Hoch- und Niederspannungs-Materialien. Bewerbungen mit Lichtbild, Zeugnisabschriften, selbstgeschriebenem Lebenslauf und Gehaltsansprüchen an die [2649]

Kreis Oldenburger Elektrizitäts-Genossenschaft e. G. m. b. H., Göhl über Oldenburg i. Holstein.

Drehstromzähler im Isolierstoffgehäuse für Drei- und Vierleiteranlagen

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Das Isolierstoffgehäuse, das vor Jahren beim Wechselstromzähler eingeführt wurde und sich inzwischen auch bei einem AEG-Münzzähler sehr gut bewährt hat, wurde nun auch für den Drehstrom-Vierleiterzähler Form DU 9 angewandt. Dieser Zähler weist gegenüber den bisherigen Ausführungsformen der Drehstromzähler wesentliche Vorteile auf.

Seine äußeren Abmessungen sind so klein, daß er auch auf Zählertafeln für Wechselstromzähler paßt. Bemerkenswert ist dabei, daß auch dieser Zähler, wie die bisherigen Drehstromzähler der AEG, drei Scheiben hat. Daß es trotzdem gelang, die Gehäuseabmessungen außerordentlich klein zu gestalten (Aufhängemaße 205 mm × 135 mm), ist auf die Vorzüge neuer Werkstoffe zurückzuführen.

Diese Zähler (s. Abb.) werden grundsätzlich nur im Isolierstoffgehäuse hergestellt. Das bisher verwendete Gehäuse aus Metall wurde jedoch nicht einfach durch ein solches aus Isolierstoff ersetzt; vielmehr wurden die Möglichkeiten des Isolierstoffes von vornherein in Betracht gezogen und ausgenutzt, so daß ein Zähler mit besonders formschönem Aussehen entstand. Die heute allgemein anerkannten Vorteile des Isolierstoffgehäuses für Elektrizitätszähler wurden auf diese Weise auch auf die Drehstromzähler ausgedehnt. Das Gehäuse ist in bezug auf Festigkeit dem Metallgehäuse völlig gleichwertig. Es bietet darüber hinaus den besten Berührungsschutz. Jede Gefahr, die aus mangelhafter Isolation entstehen könnte, ist von vornherein vermieden. Eine Erdung ist nicht erforderlich.

AEG K61365

Drehstromzähler im Isolierstoffgehäuse.

Der Isolierstoff als Gehäusematerial für Elektrizitätszähler ist ferner sehr wirtschaftlich, weil das Isolierstoffgehäuse stets sein schönes sauberes Aeußeres behält und bei späteren Ueberholungen nicht auflackiert zu werden braucht. Aus allen diesen Gründen wird auch der geringe Mehrpreis für das Isolierstoffgehäuse anstandslos in Kauf genommen, weil er in gar keinem Verhältnis zu den hervorragenden Eigenschaften dieses Werkstoffes steht.

Die elektrischen Teile des Zählers, d. h. die Triebsysteme, Systemachse mit Scheibe, Zählwerk und Bremsmagnet, sind an einem Systemträger befestigt. Dieser ist mit drei Schrauben an der Isolierstoff-Grundplatte angebracht. Alle Teile sind bequem zugänglich und auswechselbar.

Bei Betrachtung des geöffneten Zählers fällt vor allem auf, daß dieser Drehstromzähler im Gegensatz zu den bisher bekannten nur einen Bremsmagneten hat. Die Verwendung nur eines Bremsmagneten wurde ermöglicht durch die Wahl des Aluminium-Nickel-Stahles als Magnetwerkstoff. Dieser Werkstoff hat so hochwertige magnetische Eigenschaften, daß man ohne weiteres auf den sonst üblichen zweiten Magneten verzichten kann, wodurch die Ausführung des Drehstromzählers mit drei Scheiben ganz bedeutend erleichtert wurde.

Die Triebsysteme selbst konnten durch Auswahl geeigneter Bleche wesentlich kleiner als bei den bisherigen Ausführungsformen gehalten werden. Sie sind so angeordnet, daß sie sich gegenseitig nicht beeinflussen können.

Die Spulenkörper bestehen ebenfalls aus hochwertigem Isolierstoff; Überschläge werden dadurch mit Sicherheit vermieden. Alle Regelteile sind leicht zugänglich. Sonderwerkzeuge sind nicht erforderlich.

Die Anschlußklemmen sind in den Klemmenbock als eingelegte Metallteile gelagert. Diese Bauart hat den großen Vorteil, daß bei Beschädigungen die Anschlußklemmen ohne weiteres ausgewechselt werden können. Die Anschlußklemmen sind laufend mit Zahlen, die in den Klemmenbock eingepreßt sind, gekennzeichnet, so daß der Anschluß eindeutig festgelegt ist.

Der neue Drehstrom-Vierleiterzähler zeichnet sich ferner durch sehr günstige meßtechnische Eigenschaften aus. Das Drehmoment beträgt etwa 8,5 gcm bei Nennlast; der Eigenverbrauch in der Stromspule sowie in der Spannungsspule ist sehr gering. Die Drehzahl der Systemachse bei Nennlast liegt zwischen 32 und 40 U/min. Die Fehlerkurve verläuft außerordentlich flach. Sie liegt zwischen $\pm 2\%$ bei Belastungen von 5 bis 200% des Nennstromes. Der Anlauf erfolgt bei etwa 0,3% der Drehstrom-Nennlast.

Die dauernd zulässige Belastbarkeit des Zählers bis 200% seines Nennstromes ermöglicht es, den Nennstrom niedriger zu wählen als den in der Anlage zu erwartenden Höchststrom, so daß sich sehr gute meßtechnische Verhältnisse bei kleiner Belastung und bezüglich des Anlaufes ergeben.

Die Temperaturabhängigkeit des Zählers ist ebenfalls sehr gering.

Der Zähler wird für direkten Anschluß für Nennstromstärken bis 30 A und für Spannungen bis 500 V hergestellt.

Druckgasschalter in Wandbauform

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Druckgasschalter mit unter Druck gespeichertem Löschgas werden von der AEG in zwei Formenreihen hergestellt: Für Spannung bis 30 kV als Wand- oder Standschalter, von 30 kV bis 200 kV als Freistrahlschalter. Bei beiden Bauformen wurde danach gestrebt, die für den Betrieb notwendigen Teile räumlich zusammenzufassen und möglichst geringen Luftbedarf zu erreichen. Durch unmittelbar an den Hochspannungsteil angebauten Löschmittelbehälter, durch Vermeiden schädlicher Räume und durch mechanisch gesteuerte Blasluftventile haben die Schalter eine ihren Aufgaben vorzüglich angepaßte Gestalt erhalten.

Abb. 1. Druckgasschalter in Wandbauform, Form CP, Reihe 10 ··· 30.

Im folgenden soll nur der Wandschalter beschrieben werden. Diese Bauform hat sich für Innenräume und Spannungen bis 30 kV als sehr zweckmäßig erwiesen (Abb. 1). Der Vorratbehälter für die Druckluft ist auf der Schaltergrundplatte aufgebaut, an der auch die Polsäulen befestigt sind. Der Druckgasbedarf für die Löschung und damit auch der Kesselinhalt sind infolge Anwendung eines sogenannten Stoßventils gering. Das Löschluftventil öffnet gerade erst, wenn die Kontakttrennung erfolgt und schließt sofort, wenn der Lichtbogen gelöscht ist. Zur Steuerung der Druckgasschalter dient ein an der Schaltwand angeordnetes Steuergerät (Abb. 2). Dieses Gerät mit den Betätigungsventilen hat Druckknöpfe für Ein- und Ausschaltung von Hand und Magnetspulen für Fernbetätigung.

Abb. 2.
Zelle mit Druckgasschalter und Steuergerät.

Der einfache äußere Aufbau der Druckgasschalter hat es der AEG ermöglicht, für Hochspannungs-Schaltanlagen bis 30 kV eine Regelbauweise zu entwickeln, durch welche die Auswahl der Schaltanlage erleichtert und die Aufstellung an Ort und Stelle wesentlich vereinfacht wird. Die Leistungsschalter werden mit den dazugehörigen Meßwandlern, Steuerventilen und Leitungen auf einem Grundrahmen zusammengebaut und betriebsfertig zum Einbau im Mittelteil der Hochspannungszelle geliefert (Abb. 3).

Die einwandfreie Löschung des Lichtbogens macht den Druckgasschalter zur Verwendung als Transkommandoschalter geeignet. Das Transkommandosystem ist ein Fernsteuersystem, bei dem von einer Stelle aus durch kurzzeitige Unterbrechung einer Phase Kommandos an alle Stromabnehmer gegeben werden. Der für die kurzzeitige Unterbrechung benötigte Transkommandoschalter unterscheidet sich von den gewöhnlichen Schaltern dadurch, daß er nur einpolig ausgeführt ist und daß an Stelle der andern beiden Pole Rückführfedern vorgesehen sind. Sind verschiedene Speisestellen im Netz vorhanden, so sind mehrere Druckgasschalter notwendig, die gleichzeitig unterbrechen müssen. Diese Forderung ist erfüllbar, da die Eigenzeiten der Transkommando-Druckgasschalter der gleichen Ausführung nahezu gleich sind.

Abb. 3. 10-kV-Schaltanlage mit Druckgasschalter mit Doppelsammelschienen in Regelbauweise.

Die Auswirkung der Betriebsweise einer Elektroofenanlage auf die Netzbelastung und die Stromkosten.

Geschäftliche Mitteilung der AEG

Durch die Einführung der elektrischen Widerstandsöfen in der Industrie haben die Elektrizitätswerke einen neuen großen und in jeder Hinsicht günstigen Stromabnehmer gefunden. Dieser Bedeutung der industriellen Elektrowärme werden sie in den meisten Fällen durch entsprechende Tarifgestaltung gerecht, bei der berücksichtigt sind: einmal die Tatsache der blindstromfreien Belastung des Netzes durch die elektrischen Widerstandsöfen und zum anderen die mit größeren elektrischen Anlagen erreichbaren hohen Benutzungsstundenzahlen. Dies setzt jedoch auch eine sinngemäße Betriebsführung des Ofens voraus, die sich in vielen Fällen leicht durchführen läßt.

Zunächst läßt die gute wärmehaltende Bauweise der elektrischen Widerstandsöfen in den meisten Fällen ohne weiteres ein kurzzeitiges Abschalten der Heizleistung zu, ohne daß die Temperatur merklich abfällt und damit das Glühverfahren ungünstig beeinflußt wird, so daß die Werkspitze in der Zeit der Höchstbelastung durch den Ofenbetrieb nicht erhöht zu werden braucht. Ferner lassen sich eine Reihe von Glühverfahren in die Nachtstunden verlegen, in denen die Werkanschlüsse niedrig belastet sind und in denen deshalb keine Höchstwertaufzeichnung erfolgt. Die selbsttätige Temperaturreglung und das Arbeiten mit Schaltuhren geben die Möglichkeit, den elektrischen Ofen ohne Bedienung oder ständige Beaufsichtigung zu betreiben, so daß auch dann, wenn im Werk während der Nachtstunden sonst nicht gearbeitet wird, kein zusätzliches Personal für die Ofenüberwachung notwendig ist. Diese Arbeitsweise ist besonders zu empfehlen, wenn der Glühvorgang oder die Art der Werkstücke oder Werkstoffe eine langsame Abkühlung im Ofen erfordert, die dann tagsüber vor sich gehen kann.

Welche günstigen Verhältnisse sich hinsichtlich Benutzungsdauer und damit für die Stromkosten bei sinngemäßer Betriebsführung, bei durchgehender Arbeitsweise und bei größeren Anlagen erreichen lassen, zeigt am besten das Beispiel der im Bild dargestellten Einsatzhärterei mit fünf Kammeröfen von je 80 kW Heizleistung. Die Beheizung der Oefen ist für Sterndreieck-Umschaltung ausgelegt, so daß während der langen Warmhaltezeit, in der nur die Leerverluste des Ofens aufgebracht werden müssen, in Sternschaltung, d. h. mit einem Drittel der eingebauten Heizleistung gefahren werden kann.

Die in diesen Oefen im Einsatz gehärteten Werkstücke und Werkstoffe erfordern eine Gesamt-Einsatzzeit von rund 24 h einschließlich Beschicken und Entleeren der Oefen. Von dieser Zeit werden die Oefen 3 ··· 4 h mit voller Leistung in Dreieckschaltung betrieben, so daß sich bei nicht geordneter Betriebsführung im ungünstigsten Fall ein Höchstwert von 5 × 80 = 400 kW ergeben kann. Der Stromverbrauch eines Ofens beläuft sich auf durchschnittlich 380 kWh je Tag, einschließlich Aufheizens nach Sonntagsstillstand, d. h. im Jahre zu 300 Tagen entsteht ein Stromverbrauch von 5 × 300 × 380 = 570000 kWh, und bei einem Höchstwert von 400 kW ergibt sich damit eine Benutzungsdauer von 1430 h.

Einsatzhärterei mit Kammeröfen von je 80 kW. Nutzabmessungen: 900 mm breit, 550 mm hoch und 1800 mm tief.

Bei richtiger Betriebsführung wird darauf gesehen, daß sich nur jeweils ein Ofen in der Aufheizperiode befindet und dementsprechend mit der vollen Heizleistung betrieben wird, während die anderen vier Oefen in Sternschaltung arbeiten. Hierdurch ergibt sich eine Belastungsspitze der Ofenanlage von 80 + 4 × 27 = 188 kW im ungünstigsten Fall. Da der Stromverbrauch bei dieser Betriebsweise unverändert 570 000 kWh/Jahr bleibt, ergibt sich eine Benutzungsdauer von 3180 h, also ein mehr als doppelt so großer Wert, wie im ersten Fall. In diesem zweiten Fall braucht das Werk nur eine Höchstwertgebühr für rund 190 kW zu zahlen, während sie im ersten Fall für 400 kW entrichtet werden muß; die Arbeitsgebühr ist in beiden Fällen die gleiche.

Der Vorteil dieser Betriebsweise liegt jedoch nicht nur auf seiten des Ofenbenutzers. Auch für die Stromerzeugungswerke ergibt sich im zweiten Fall eine wesentlich bessere Ausnutzung ihrer Anlagen, da sie für den gleichen Stromverbrauch nur eine halb so große Leistung zur Verfügung stellen müssen, was in der erhöhten Benutzungsdauer zum Ausdruck kommt.

Durch entsprechende Betriebsführung einer Ofenanlage kann also für den Ofenbenutzer eine erhöhte Wirtschaftlichkeit der Anlage, für das Kraftwerk eine bessere Ausnutzung der Stromerzeugungsanlage und des Verteilungsnetzes erzielt und dadurch eine Senkung der allgemeinen Stromkosten und eine weitere Ausbreitung der Elektrowärme-Anwendung in der Industrie erreicht werden.

Die Vorteile des Schweißgleichrichters für den Betrieb und für den Anschluß an das Drehstromnetz.

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Lichtbogenschweißungen können mit Gleichstrom oder Wechselstrom ausgeführt werden, d. h. man kann je nach den Netzverhältnissen als Schweißgerät einen Umformer oder einen Umspanner verwenden, um die Schweißspannung zu erzeugen. Steht nur ein Gleichstromnetz zur Verfügung, so kommt nur ein Schweißumformer in Betracht, der aus einem Gleichstrommotor mit angekuppeltem Gleichstromerzeuger besteht. Bei den weitverbreiteten Drehstromnetzen hat man die Wahl zwischen einem Wechselstrom-Umspanner, einem Drehstrom-Gleichstrom-Umformer oder einem Schweißgleichrichter; die beiden letztgenannten dienen zum Schweißen mit dem Gleichstrom-Lichtbogen.

Abb. 1. Querfeld-Schweißumformer, Bauart QV 200.

Umspanner und Umformer haben ihre Vorzüge und Schwächen, die für die Wahl von Bedeutung sind. Ein vollkommenes Schweißgerät muß in schweißtechnischer Hinsicht die Forderungen nach genauer Anpassung der Stromänderungen an die Schweißspannung, leichtem Zünden des Lichtbogens ohne Kleben der Elektrode, hoher Trägheitslosigkeit, geringer Leerlaufspannung, einfacher Schweißstromreglung in weitem Bereiche, und nach leichtem Schweißen in jeder Lage des Schweißgutes bzw. der Naht erfüllen. In maschinentechnischer Hinsicht sind kräftige, unempfindliche Bauweise, keine der Abnutzung unterliegenden Teile, unbedingte Betriebsicherheit, kleiner Raumbedarf, geringes Gewicht und leichte Ortsbeweglichkeit erforderlich, während in betriebstechnischer Hinsicht wahlweise Anschlußmöglichkeit an die gebräuchlichen Netzspannungen, gleichmäßige Phasenbelastung, hoher Leistungsfaktor und guter Wirkungsgrad gefordert werden müssen.

Abb. 2. Lichtbogen-Schweißumspanner, Bauart LSU 250.

Bei den Umformern, zumal bei denen mit Querfeld-Stromerzeuger (Abb. 1), sind die schweißtechnischen Forderungen heute soweit erfüllt, daß kaum noch Verbesserungen möglich oder notwendig erscheinen. Sie weisen kräftige Bauweise, Unempfindlichkeit und leichte Ortsbeweglichkeit auf. Dem Gewicht und dem Raumbedarf sind jedoch gewisse, nicht mehr unterschreitbare Grenzen gesetzt, auch sind die umlaufenden Teile einer Abnutzung unterworfen und erfordern aufmerksame Wartung, Pflege und zeitweise Ueberholung.

Betrieblich ist die Forderung nach wahlweiser Anschlußmöglichkeit an verschiedene Spannungen leicht zu erfüllen. Auch die Belastung der Drehstromphasen des Netzes ist völlig gleichmäßig, jedoch kann ein höherer Gesamtwirkungsgrad als etwa 0,5 im Mittel kaum erreicht werden. Der Leistungsfaktor entspricht demjenigen eines guten Drehstrommotors.

Anders liegen die Verhältnisse bei dem Schweißumspannner (Abb. 2). Wenn auch die schweißtechnischen Forderungen in hohem Maße erfüllt sind, so muß doch die Wechselstrom-Lichtbogenschweißung auf getauchte und umhüllte Elektroden beschränkt bleiben, die auch meist nur Schweißungen waagerechter oder nur wenig geneigter Nähte zulassen. Maschinentechnisch sind dagegen alle Forderungen erfüllt. Betrieblich vorteilhaft sind die wahlweise Anschlußmöglichkeit an mehrere Spannungen und ein sehr guter Wirkungsgrad. Dagegen ist mit Rücksicht auf ein leichtes Halten des Lichtbogens ein niedriger Leistungsfaktor und damit ein verhältnismäßig hoher Blindstromverbrauch nicht zu vermeiden. Ferner werden die Schweißumspanner in der Regel nur einphasig angeschlossen, weil ein dreiphasiger Anschluß bezüglich der Rückwirkungen auf das Netz keine Vorteile bringt. Die Netzphasen werden also ungleich belastet, ein Umstand, der sich auch nicht vermeiden läßt, wenn Schaltungen mit dreiphasigem Anschluß mit Ausgleichkreisen und Kondensatoren verwendet werden.

Die dritte Art der Schweißgeräte, die Schweißtrockengleichrichter, vereinigen nun die Vorzüge der Umformer und Umspanner, ohne deren unerwünschte Eigenschaften mit zu übernehmen. Der in Abb. 3 gezeigte Schweißgleichrichter SGL 250 ermöglicht das Schweißen mit Gleichstrom aus dem Drehstromnetz ohne umlaufende Teile. Er weist die vorzüglichen Eigenschaften des Gleichstromlichtbogens auf, wie ruhigen Stromfluß, leichtes Zünden, hohe elektromagnetische Trägheitslosigkeit, niedrige Leerlaufspannung (55 V im Mittel) und leichte, stufenlose Einstellung des Schweißstromes zwischen 15 und 280 A mit einem Handrad.

Abb. 3. Lichtbogen-Schweißgleichrichter, Bauart SGL 250.

Die Bauart ist kräftig und unempfindlich. Da der Schweißgleichrichter aus einem Drehstromumspanner mit niederspannungsseitig angeschlossenen Selen-Metallgleichrichtern besteht, so sind keine umlaufenden Teile außer einem kleinen Lüfter für die Kühlung des Gerätes vorhanden. Es ergibt sich also bei geringster Wartung eine hohe Betriebsicherheit. Ein geringer Raumbedarf und niedriges Gewicht sichern eine leichte Ortsbeweglichkeit.

Der Schweißgleichrichter wird ebenfalls zum wahlweisen Anschluß an mehrere Netzspannungen geliefert. Sein Vorteil gegenüber einem Schweißumspanner liegt aber in dem dreiphasigen Anschluß und der völlig gleichmäßigen Netzbelastung. Der Leistungsfaktor ist wesentlich höher als der eines Umspanners, daher ergibt sich ein wesentlich niedrigerer Blindstromverbrauch, so daß der Schweißgleichrichter auch an verhältnismäßig schwache Netze ohne Bedenken angeschlossen werden kann.

Stellengesuche

Elektro-Ingenieur

H.T.L., 35 J., verh., ungekündigt, über 10jähr. verantw. Tätigkeit in großem Überlandwerk, langj. Erfahrungen in Planung, Bau u. Betrieb von Hoch- u. Niederspannungs-anlagen, gute Allgemeinkenntnisse, sucht verantw. ausbauf. Stellung als Betriebsingenieur in der Stromversorgung. [2805] Angebote an **E. Seeger, Northeim (Han.)**, Göringstraße 6.

Kaufmann

40 Jahre, 20jährige Tätigkeit in EVU, Inst.-Abtlgs.-Leiter, Erfahrung in Stromwerbung, in ungek. sicherer Position, sucht Veränderung. Angebote unter **E. 2804** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Stellenangebote

Junger Techniker

zur techn. Bearbeitung der Aufträge, dem auch Gelegenheit geboten wird, sich zum Berechnen elektrischer Maschinen auszubilden, sowie

2 jg. techn. Zeichner (oder Zeichnerinnen)

finden bei guter Bezahlung entwicklungsfähige Dauerstellung.
Bewerbg. m. Zeugnisabschriften, Bild und Lebenslauf erbeten an

ELBTALWERK EAG
Elektro-Spezialmaschinen-Fabrik
Heidenau-Dresden [2781]

Für unser Berliner Werk suchen wir für Entwicklungsarbeiten auf dem **Ultrahochfrequenzgebiet**

Diplom-Ingenieure

Ingenieure

Terminbearbeiter

und

Laboranten

außerdem:

Konstrukteure

und

Zeichner

(auch Anfänger)

für die Abteilung elektrische Apparate für Hoch- und Niederspannung im ortsfesten und Bahnbetrieb.

Bewerbungen mit Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften, Gehaltsansprüchen und Angabe des frühesten Eintrittstermins erbeten an [2707]

JULIUS PINTSCH
Kommanditgesellschaft
Personalabteilung
Berlin O 17 Andreasstr. 70/73

Wir suchen zum baldigen Eintritt einen

tüchtigen Konstrukteur

für Fernmelde- und Befehlsübermittlungsanlagen.

Nur solche Herren, die über große nachweisbare Erfahrungen verfügen, selbständig arbeiten und Konstrukteure leiten können, werden gebeten, ausführliche Bewerbungsunterlagen mit Lichtbild, handgeschriebenem Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Referenzen und Angaben über Gehaltsansprüche und Einrittstermin unter dem Kennwort· „BDI" einzureichen bei: [2798]

HAGENUK
Hanseatische Apparatebau-Gesellschaft
Neufeldt & Kuhnke G. m. b. H., Kiel

Wir suchen zu möglichst baldigem Eintritt

2 Ingenieure

mit Kenntnissen in der Schwachstromtechnik für Laboratoriumstätigkeit. Abgeschlossene Fachschulbildung und besondere Befähigung zu experimenteller Arbeit erforderlich. Bewerbungen mit Lebenslauf, Lichtbild Zeugnisabschriften, frühestem Eintrittstermin und Gehaltsansprüchen an

CARL ZEISS, JENA, Abt. Disp/El. [2785]

Zählerfachmann

El.-Mech.-Mstr.; El.-Ing. Vorprfg. a. d. Ing.-Schule-Ilmenau sucht: Hilfe zur Wiederaufnahme des Studiums. Bietet: mehrj. Verpfl. n. Abschl. d. Studiums. Angeb. erb. u. **E. 2795** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9

Wir suchen für unsere **Transformatorenabteilung** einen praktisch wie theoretisch vorgebildeten

Ingenieur

der in der Lage ist, sich eine aussichtsreiche Stellung zu erarbeiten. — Bewerbungen erbitten

NOSTITZ & KOCH
Fabr. elektrotechn. Apparate, Chemnitz

Hartlöten im AEG-Durchlaufofen.

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

An Stelle der Verbindung zweier Maschinenteile miteinander durch Niete, Stifte oder dgl. wird neuerdings das Hartlöten mit Kupfer angewendet. Dieses Verfahren ist besonders für kleine Massenteile geeignet, wo es mancherlei Vorteile bietet; insbesondere entstehen beim Hartlöten geringere Arbeitskosten, und es ergibt sich eine Werkstoffersparnis. Außerdem zeichnet sich die Hartlötung durch beste mechanische Eigenschaften aus[1]).

Abb. 1. Förderband-Glühofen mit Kühlkammer und Schutzgaserzeuger Form WGO 27/30; 30 kW, 1150° C, Nutzquerschnitt 200 × 100 mm², Länge 1350 + 4200 mm.

Voraussetzung für einwandfreie Hartlötung ist die richtige Vorbereitung der einzelnen Teile und entsprechende thermische Behandlung. Da die Stahl- bzw. Eisenteile mit Kupfer hartgelötet werden, müssen sie bis über den Schmelzpunkt des Kupfers erwärmt werden, wobei jede Oxydation der Werkstücke verhindert werden muß.

Die AEG hat zum Hartlöten kleiner Massenteile mit Kupfer einen Förderbandofen mit elektrischer Widerstandsbeheizung entwickelt, der bereits in größerer Stückzahl geliefert wurde und seine Eignung in thermischer und wirtschaftlicher Hinsicht bewiesen hat. Der Ofen (Abb. 1) hat einen Nutzquerschnitt von 200 mm × 100 mm und besteht aus der rd. 1350 mm langen Glühkammer und der sich daran unmittelbar anschließenden rund 4200 mm Abkühlkammer. Die Glühkammer ist mit metallenen Heizwiderständen ausgerüstet und für eine Höchsttemperatur von 1150° C ausgelegt. Ein endloses Förderband aus hitzebeständigem Werkstoff durchläuft beide Kammern und wird unterhalb des Ofens zurückgeführt. Die Werkstücke durchwandern auf diesem Band ruhig liegend den Ofen und verlassen ihn vollständig blank und kalt, so daß auch ein Anlaufen nach dem Verlassen des Ofens nicht eintritt. Die Bandgeschwindigkeit ist über ein Regelgetriebe stufenlos regelbar und damit der Art der Werkstücke anzupassen.

Die völlig blanke Oberfläche der Werkstücke wird durch das Arbeiten mit Schutzgas erreicht, das in einer besonderen Einrichtung (Abb. 2) aus Leuchtgas hergestellt wird. Diese Schutzgasanlage, die als Hauptbestandteile eine Mischpumpe, eine Verbrennungskammer und einen Gasrückkühler neben den verschiedenen Meß- und Überwachungsgeräten hat, gibt ein Gas, das aus Stickstoff, Wasserstoff und Kohlenoxyden besteht. Der Gehalt an Wasserstoff als wichtigster Bestandteil kann durch entsprechende Führung der Verbrennung den Werkstoffen und dem Ofen angepaßt werden. Die Gegenwart von Wasserstoff macht das Gas reduzierend, so daß angelaufene Teile blank und damit auch einwandfrei gelötet werden. Obwohl bei diesem Ofen infolge des stetigen Laufens des Bandes beide Stirnseiten stets offen sind, wodurch sich zwangsläufig ein höherer Schutzgasverbrauch ergibt, wird vollkommene Blankheit erreicht; auch die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens wird nicht beeinträchtigt. Als Richtzahl kann die Angabe dienen, daß der beschriebene Ofen etwa 15 m³/h Schutzgas benötigt; dies entspricht einem Leuchtgasverbrauch von etwa 5 m³/h.

Abb. 2. Schutzgaserzeuger Form GZ 60/L für 60 m³/h Schutzgas aus Leuchtgas.

Dieser Förderbandofen kann nicht nur zum Hartlöten verwendet werden, sondern mit dem gleichen Erfolg auch zum Blankglühen oder zum reduzierenden Blankglühen angelaufener Teile, für die sich dann eine chemische Naßreinigung erübrigt.

Außer diesem Förderbandofen, der in verschiedenen Größen für mannigfaltige Anwendungsgebiete zum Blankglühen geliefert wird, baut die AEG auch jede andere Fließofenart für Schutzgasbetrieb, wie z. B. Schüttelrutschenofen, Stoßöfen bis zu 22 m Gesamtlänge und mit einem Nutzquerschnitt von 1000 mm × 500 mm, und Banddurchziehöfen. Die Schutzgasanlagen werden außer für Leuchtgas, auch für Propan als Ausgangsgas ausgeführt, so daß die AEG für jeden Verwendungszweck und jede Betriebsbedingung über die notwendigen großen Erfahrungen verfügt.

[1]) S. AEG-Druckschrift J 1b/2086.

Die neue Klein-Punktschweißzange der AEG.

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Die AEG hat eine kleine Punktschweißzange entwickelt, die besonders im Elektro-Apparatebau dazu dienen soll, den Lötkolben zu ersetzen. Z. B. werden im Rundfunkempfängerbau die Schaltverbindungen noch fast ausschließlich gelötet; hier kann die Elektroschweißung auch ihren Teil dazu beitragen, das devisenbelastete Lötmaterial überflüssig zu machen. Außerdem aber hat die elektrische Schweißung noch den großen Vorteil gegenüber der Lötung, daß die Verbindungen sehr zuverlässig haltbar sind und die häßlichen Verdickungen durch das Zusatzmaterial fortfallen. Die Schaltungen werden dadurch auch übersichtlicher; bei den meistens sehr eng gebauten Geräten ist dies natürlich von Wichtigkeit.

Abb. 1. Klein-Punktschweißzange.

Diese gedrängte Bauweise erfordert eine besonders schlanke Ausführung des Schweißgerätes, um auch an alle Schweißstellen herankommen zu können. Die neue Schweißzange (Abb. 1) der AEG wird allen Anforderungen gerecht. Mit ihrem abgerundeten, rechteckigen Querschnitt liegt sie sehr gut in der Hand. Obgleich das Gewicht nicht sehr groß ist, kann die Zange noch durch eine Aufhängevorrichtung unterstützt werden. Dadurch ist sie sehr beweglich und leicht zu handhaben. Die langen, stangenförmigen Elektroden gestatten es, auch die schwierigsten Schweißstellen zu erfassen. Die eine rechtwinklig gebogene Elektrode ist beweglich und wird durch einen Fußschalter über einen Bowdenzug betätigt. Der Elektrodendruck kann in den Grenzen von 7 ··· 15 kg eingestellt werden. Je nach dem zu schweißenden Werkstoff sind die Elektroden mit dem am besten geeigneten Elektrodenwerkstoff bestückt. Da größtenteils Kupferdrähte zu verarbeiten sind, werden dafür gebräuchliche Wolframspitzen vorgesehen.

Durch ein zweiadriges, sehr biegsames Sekundärkabel von 1 m Länge ist die Zange mit dem Umspanner verbunden. Dieser ist luftgekühlt und hat 0,8 kVA Dauerleistung und 2,4 kVA Anschlußwert. Die Sekundärspannung ist durch zwei fünfstufige Regelschalter in 25 Stufen einstellbar. Der Umspanner läßt sich am Arbeitsplatz dicht über dem Werkstück aufhängen. Er ist dazu mit einem Tragbügel versehen. Das Sekundärkabel kann daher auch kurz gehalten werden, was der Leistung zugute kommt.

Der Schweißstrom wird durch ein besonderes Überwachungsgerät gesteuert. Die dazu erforderlichen Schaltgeräte wie Schütze, Relais, Hilfsumspanner usw. sind auf einer getrennt aufzuhängenden Schalttafel untergebracht (Abb. 2). Mit dieser Anlage läßt sich Kupferdraht bis etwa 2 × 1 mm Durchmesser verschweißen, wobei die Schweißzeit nicht mehr als 0,5 s beträgt. Messing kann noch bis zu Drahtstärken von etwa 1,3 mm verarbeitet werden.

Bei Blechen kann etwa ein Drittel der Drahtstärke als Höchstleistung angenommen werden. Häufig wird es auch vorkommen, daß Kupferdrähte an Messingfähnchen zu schweißen sind. Der größte Drahtdurchmesser darf hierbei etwa 1 mm und die größte Messingblechstärke etwa 0,5 mm betragen.

Der Schweißvorgang spielt sich folgendermaßen ab: Nachdem die zu schweißenden Drähte in die Zange eingelegt sind, wird der Fußschalter heruntergetreten. Über den Bowdenzug wird dadurch die Zange betätigt. Der in der Zange befindliche Hilfsschalter schließt gleichzeitig das Einschaltschütz und schaltet dadurch den Schweißstrom ein.

Abb. 2. Anwendung der Klein-Punktschweißzange.

Die notwendige Schweißzeit muß vorher an dem Zeitrelais eingestellt werden, das nach Ablauf dieser Zeit das Ausschaltschütz öffnet und damit den Schweißstrom wieder abschaltet. Die Schweißung ist nun beendet, und der Fußschalter kann losgelassen werden. Das Ausschaltschütz schließt sich nun wieder, und das Einschaltschütz fällt ab. Die Anlage ist für die nächste Schweißung bereit.

Um den Arbeiter, der die Zange bedient, zu schützen, setzt ein Hilfsumspanner auf der Schalttafel die Betätigungsspannung für die Schaltelemente auf einen so niedrigen Wert herunter, daß keine Gefahr besteht.

Diese Punktschweißzange stellt ein wertvolles neues Werkzeug in der Elektroindustrie dar und wird wegen ihrer Leistungsfähigkeit und einfachen Handhabung bald in vielen Werkstätten Eingang finden.

Fernsteuerung und Fernüberwachung der maschinellen Einrichtungen neuzeitlicher Getreidespeicher.

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Getreidespeicher, in denen das Getreide auch bei längerer Lagerung sicher vor Verderb bewahrt bleibt, sind notwendig, um einen Ausgleich zwischen Jahren guter und schlechter Ernte zu erreichen.

In neuzeitlichen Getreidespeichern sorgen leistungsfähige Fördermaschinen für schnelle Ein- und Ausspeicherung der anfallenden Getreidemengen; neuzeitliche Reinigungs- und Trocknungsmaschinen dienen zur Verbesserung des Lagergutes, Begasungs-, Belüftungs- u. Ferntemperatur-Meßanlagen gewährleisten gleichbleibende Güte über Jahre hinaus. Der elektrische Einzelantrieb ermöglicht übersichtliche und luftige Maschinenräume, in denen die in älteren Speichern mitunter auftretenden Staubansammlungen vermieden werden.

Die Schaltung der durch den Einzelantrieb bedingten großen Motorenzahl erfolgt von einer zentralen Steuerwarte aus, in der die Motorfernschalter vereinigt sind. Der Betriebszustand der Anlage kann durch sinnbildliche Darstellung der gesamten Speichereinrichtung auf einer Fernsteuertafel mit einem Blick übersehen, jede Störungsursache sofort erkannt und rasche Abhilfe getroffen werden. Auf dieser Tafel befinden sich die Ein- und Ausschaltdruckknöpfe für jeden Antriebsmotor.

Abb. 1. AEG-Bandsteuerwarte für einen Speicher mit Getreidepflege.

Auf der Steuertafel werden sämtliche im Speicher möglichen Wege dargestellt. Zwecks Zusammenfassung mehrerer Antriebe zu einem Förderweg werden Motorschaltgruppen mit bestimmter Ein- und Ausschaltreihenfolge gebildet. Sämtliche Motoren können von dort aus nur in einer festgelegten Reihenfolge geschaltet werden.

Abbildung 1 zeigt eine AEG-Bandsteuerwarte für einen Speicher zur Verbesserung und Pflege des Getreides, während Abbildung 2 die Ausführung für einen reinen Lagerspeicher darstellt.

Abb. 2. AEG-Bandsteuerwarte für einen Lagerspeicher.

Jede Arbeitsmaschine ist auf der Warte in räumlich richtiger Anordnung durch ein körperliches Sinnbild dargestellt, das einen Ein- und Ausschaltdruckknopf und eine Quittungslampe trägt, die das erfolgte Einschalten des zugehörigen Motors anzeigt. Die Verstellorgane im Speicher (Klappen, Schieber, Drehrohre, Verteiler usw.) werden auf der Warte durch Drehdosen dargestellt, denen ein ausziehbares und schwenkbares Band mit Stecker zugeordnet ist, mit dem der Bedienungsmann den in Betrieb zu setzenden Weg durch Verbinden der zugehörigen Sinnbilder festlegt. Der große Vorzug dieser Darstellung besteht darin, daß alle gleichzeitig möglichen Förderwege nachgebildet werden können; alle nicht in Betrieb befindlichen Wege sind als solche gekennzeichnet, da die betreffenden Bänder mit ihren Steckern sich in der Ruhestellung befinden, d. h. ohne Verbindung mit einem anderen Sinnbild sind.

Die Zusammenfassung der Motoren zu Schaltgruppen entsprechend den Förderwegen genügt jedoch nicht. Stauungen oder eine Vermischung hochwertigen Getreides mit minderwertigem müssen unbedingt vermieden werden. Das kann nur durch Ueberwachung der Verstellorgane im Speicher und deren Einbeziehung in die Motorgruppenschaltung erreicht werden. Die Einschaltung eines Weges darf nur dann möglich sein, wenn alle auf diesem Weg befindlichen Verstellorgane richtig gestellt sind, was durch die in den Drehdosen angeordneten Lampen angezeigt wird. Bei Festlegung irgendeines Förderweges auf der Warte leuchten die Lampen nur dann auf, wenn dieser Weg im Speicher richtig vorbereitet ist; erst dann kann auch die Einschaltung erfolgen. Durch Verstellen eines der Verstellorgane wird die sofortige Abschaltung sämtlicher zufördernder Teile bewirkt. Das Erlöschen der Lampe zeigt dem Wärter im Meisterraum die Störungsstelle an.

Bei der AEG-Bandsteuerwarte ist der Grundsatz, daß ohne Wissen des Wärters im Speicherbetrieb nichts geschehen kann, streng durchgeführt. Dadurch ist diese wirklich eine zentrale Befehls- und Ueberwachungsstelle; sie hat sich ausgezeichnet bewährt.

Notdruckknöpfe im Speicher erlauben im Gefahrenfalle, von Ort und Stelle aus einen im Betrieb befindlichen Weg abzuschalten. Das Einschalten einzelner Antriebe vom Speicher aus durch die an jedem Antrieb vorgesehenen Einschaltdruckknöpfe kann jedoch nur nach Freigabe dieser Antriebe durch den Wärter der Bandsteuerwarte erfolgen. Eine Einschaltung eines freigegebenen Antriebes kann dann von der Bandsteuerwarte aus nicht vorgenommen werden.

Eine Signaleinrichtung zur Warnung der Arbeiter im Speicher vor Inbetriebnahme eines Weges dient dazu, Betriebsunfälle möglichst zu vermeiden. Darüber hinaus kann diese Einrichtung jederzeit auch als Verständigungsmittel zwischen Meisterraum und Speicher verwendet werden.

(Fortsetzung von Seite 10)

Gleichstrom-Amperestundenzähler Form AS im Isolierstoffgehäuse

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Die Erkenntnisse und Fortschritte der neuzeitlichen Fertigungstechnik sowie die Vorzüge der zum Teil neuen Werkstoffe kamen bisher in erster Linie den gebräuchlicheren Elektrizitätszählern für Wechselstrom und Drehstrom zugute. In dem Bestreben, die sich hierdurch ergebenden Vorteile auch auf das Gebiet der Gleichstromzähler auszudehnen, hat die AEG einen neuen *Magnetmotorzähler* entwickelt.

Der neue Gleichstrom-Amperestundenzähler Form AS (Abb. 1 u. 2) hat Vorzüge, die bisher nur die hochwertigen Wechselstromzähler aufzuweisen hatten. Er ist in ein Isolierstoffgehäuse eingebaut, wie es sich seit etwa 8 Jahren bei Wechselstromzählern außerordentlich gut bewährt hat. Der Gleichstrom-Amperestundenzähler Form AS ergänzt somit die Reihe der AEG-Isolierstoffzähler, die bisher von Wechselstromzählern, Münzzählern und Drehstrom-Vierleiterzählern gebildet wurde. Die Vorzüge des Isolierstoffgehäuses gegenüber einem Metallgehäuse sind allgemein anerkannt. Die Abmessungen des Gehäuses für den neuen Gleichstrom-Amperestundenzähler sind so klein, daß sich seine Aufhängemaße mit denen eines üblichen Wechselstromzählers decken.

Abb. 1. Gleichstrom-Amperestundenzähler im Isolierstoffgehäuse, geöffnet.

Die Verwendung des Aluminium-Nickel-Stahles als Werkstoff für den Bremsmagneten hat wesentlich dazu beigetragen, daß dieser Zähler in so kleiner Bauform hergestellt werden kann. Der Bremsmagnet hat außerordentlich kleine Abmessungen und befindet sich im Innern des eigentlichen Meßsystems. Um den Magnet dreht sich der Trommelanker aus Aluminium; er besteht aus zwei ineinandergeschobenen Wänden, zwischen denen sich die Spulen befinden. Die Spulen sind demnach allseitig abgedeckt. Der auf der Achse sitzende Kollektor aus Gold-Silberlegierung hat einen kleinen Durchmesser und ist leicht auswechselbar. Hochkantbürsten mit fester Druckeinstellung, deren Verbindungsstellen nicht gelötet, sondern nach einem besonderen Verfahren geschweißt sind, gewährleisten unbedingt sichere elektrische Verbindung zwischen dem Anker und dem Nebenwiderstand und damit ein gleichbleibendes Verhältnis zwischen Hauptstrom und Ankerstrom, was wiederum eine erhöhte Meßgenauigkeit zur Folge hat. Der Nebenwiderstand besteht bei Zählern über 5 A aus zwei Teilen, von denen der eine mit Regelschleifen ausgeführt ist, die sich im Innern des Zählergehäuses befinden. Die Regelschleifen tragen verstellbare Schellen, die durch Schienen an der Isolierstoff-Grundplatte geführt werden; hierdurch wird eine sehr einfache Verstellbarkeit dieser Regelschellen ermöglicht.

Der zweite bei Zählern mit mehr als 5 A Nennstrom vorhandene Nebenwiderstand ist im Hohlraum auf der Rückseite der Grundplatte angeordnet und durch eine gelochte Platte aus Isoliermaterial abgedeckt.

Abb. 2. Gleichstrom-Amperestundenzähler im Isolierstoffgehäuse, geschlossen.

Außerlich zeichnet sich der Zähler durch sein formschönes Gehäuse aus. Das Leistungsschild ist auf der Innenseite hinter einer großen Glasscheibe angebracht.

Zur Beurteilung der *meßtechnischen Eigenschaften* dienen folgende Angaben: Der Zähler hat eine für Gleichstrom-Amperestundenzähler sehr hohe Belastbarkeit; sie beträgt bei 3 A Nennstrom 250%, über 3 bis 10 A Nennstrom 200%.

Abb. 3. Fehlerkurve des AS-Zählers für 10 A.

Diese hohe Belastbarkeit gibt den Elektrizitätswerken die Möglichkeit, den Nennstrom des Zählers kleiner als die zu erwartende Höchstleistung in der betreffenden Anlage zu bemessen, um so günstigere Fehlerwerte bei kleiner Belastung zu erreichen.

Die steil ansteigende und dann sehr flach verlaufende Fehlerkurve (Abb. 3) wirkt sich dabei sehr günstig aus.

Das Drehmoment ist gegenüber früheren Ausführungsformen bedeutend erhöht worden; es beträgt etwa 18 gcm bei Nennlast. Besonders zu beachten ist die niedrige Drehzahl des Ankers, die bei Nennlast zwischen 53 und 66 U/min liegt. Das Ankergewicht beträgt 49 g, das Magnetgewicht 180 g und das Nettogewicht des gesamten Zählers bis 10 A etwa 1,3 kg.

Stellengesuche

Glühkathoden-Gleichrichter „Superior" für gewerbliche Ladeanlagen.

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Der Glühkathoden-Gleichrichter[1]) „Superior" ist für die Ladung von Akkumulatoren-Batterien verschiedener Arten bestimmt.

Das Gerät ist besonders für gewerbliche Ladeanlagen geeignet, da es eine vollständige Ladeeinrichtung darstellt, weitestgehende Regelmöglichkeit bietet und einen wirtschaftlichen Ladebetrieb gewährleistet. Der Gleichrichter wird in verschiedenen Größen gebaut und zwar für eine Gleichstromleistung von 3, 6, 10 oder 20 A bei 1 ··· 40 Bleizellen bzw. 10 oder 20 A bei 1 ··· 80 Bleizellen. Alle sechs Größen können für eine Wechselstrom-Anschlußspannung zwischen 100 und 250 V (gewöhnlich 220 V Wechselstrom, 45 ··· 55 Hz) geliefert werden.

Abb. 1. Glühkathoden-Gleichrichter „Superior" für gewerbliche Ladeanlagen, mit drei Ladekreisen und verlustloser Reglung (2×40 Ladestufen mit insgesamt 1600 verschiedenen Schaltmöglichkeiten).

Aufbau und Wirkungsweise sind aus den Abbildungen 1 und 2 ersichtlich. Alle zu der Ladeeinrichtung gehörenden Teile sind in einem abgedeckten Eisengestell vereinigt. Auf der schalttafelartigen Vorderseite sind alle für die Bedienung erforderlichen Teile zusammengefaßt. Oben sind nebeneinander die beiden Strommesser für die Ladekreise I und II angeordnet. Im Ladekreis III fließt immer die Summe der angezeigten Stromstärken. Auf Wunsch (z. B. wenn in der Anlage bereits Strommesser vorhanden sind) können die Meßgeräte weggelassen werden.

Darunter sind drei einpolige Ueberstrom-Selbstschalter (Kleinautomaten) mit thermischer (Bimetall-) Ueberstrom- und elektromagnetischer Schnellauslösung sowie Freiauslösung und Anzeigevorrichtung für die Schaltstellung eingebaut. Der mittlere dieser Schalter dient als Primärschalter, die beiden äußeren als Anodenschalter (vgl. Schaltbild). Durch diese Kleinautomaten werden Ueberlastungen sicher abgeschaltet. Unter den Anodenschaltern sitzen zwei vierstufige Paketschalter für die Grobreglung und darunter die Handräder der beiden zehnstufigen Regelschalter für die Feinreglung. Durch diese Schalter kann die Anodenspannung sehr weitgehend eingestellt und damit der Ladestrom nahezu verlustlos geregelt werden. Dies ist gerade für eine gewerbliche Ladeanlage von ausschlaggebender Bedeutung. Unten sind nebeneinander die drei Gleichstromanschlüsse für die drei Ladekreise angeordnet. Die nicht benutzten Stromkreise werden durch Kurzschlußstecker überbrückt, wie sie bei dem in Abb. 1 gezeigten Gleichrichter in die beiden äußeren Anschlußdosen eingesteckt sind. In das Gleichrichtergestell sind außerdem noch folgende in Abb. 1 nicht sichtbare Teile eingebaut:

Wechselstrom-Anschlußklemmen, ein Umspanner mit getrennten Wicklungen, zwei Anodendrosseln, eine Doppelweg-Gleichrichterröhre und ein Verzögerungsschalter für die Zündung.

Die widerstandsfähige, glühlampenähnliche Gleichrichterröhre ist mit Steckerstiften versehen und kann daher von jedem Laien wie eine Rundfunkröhre ausgewechselt werden. Der Gleichrichter zündet selbsttätig und sicher bei jeder Temperatur auch nach Wechselstromunterbrechungen. Für die Brenndauer der Röhre wird eine weitgehende Garantie gewährt.

Der Ladestrom fällt während der Ladung um etwa 50% ab, sofern nicht nachgeregelt wird. Die Ladung mit abfallendem Strom trägt zur Schonung der Batterien bei und ist meist vorgeschrieben.

Die Vorzüge, die der Gleichrichter „Superior" bietet, sind in erster Linie: einfacher, übersichtlicher Aufbau und dadurch einfache Bedienung, verlustlose Reglung, wodurch die Ladung oft nur den halben Stromverbrauch gegenüber alten Ladeanlagen aufweist, große Anpassungsfähigkeit durch drei Ladekreise und 2×40 Ladestufen mit insgesamt 1600 verschiedenen Schaltmöglichkeiten sowie große Betriebssicherheit; dabei ist der Gleichrichter nicht teurer als eine einfache Ausführung mit getrennter Ladetafel und Vorwiderstand. Die Anschaffungskosten können daher bei alten, unwirtschaftlich arbeitenden Ladestationen durch die zu erzielenden Ersparnisse in kurzer Zeit getilgt werden.

Abb. 2. Schaltbild des „Superior"-Gleichrichters.

[1]) s. auch AEG-Druckschrift Grf/V 20, Teil II.

Stellengesuche

Elektro-Ingenieur

8 Jahre Erfahrung in Projektion, Bau und Betrieb von Hoch- und Niederspannungsanlagen, Vergebung von Aufträgen, Wirtschaftlichkeitsberechnungen und Bearbeitung von Stromlieferungsverträgen, drei Jahre als Direktionsassistent tätig, durch Aufteilung eines größeren Stromversorgungsunternehmens in Kürze freiwerdend, sucht ausbaufähigen Wirkungskreis. [2997]

Angebote erbeten an **E. Schmidt, Rheydt,** Gartenstr. 192.

Diplom-Ingenieur

30 Jahre alt, verh., Studium Fernmeldetechnik T. H. München, 5 Jahre im Starkstromfach (Leiter der Abt. Betrieb in größerem Überlandwerk) tätig, sucht neuen selbständigen Wirkungskreis, mögl. in Überlandversorgungsbetrieb (Betrieb, Schutztechnik usw.). Norddeutschl.

Angeb. erbeten an **Dipl.-Ing. R. Franksen, Oldenburg i. O.,** Altburgstr. 4. [3002]

Ingenieur-Kaufmann (Elektrotechnik)

41 Jahre alt, in Verwaltung, Vertrieb und Verkaufsförderung des direkten und Wiederverkäufergeschäfts bei namhaften Unternehmen organisatorisch erfolgreich, bilanzsicher, sprachenkundig, reiches technisches Wissen, Inlands- und Auslandspraxis, unermüdliche Arbeitskraft, sucht per sofort verantwortungsreiche, entwicklungsfähige Position in Industrie oder Handel. [3009]

Kurt Damm, Berlin-Friedenau, Illstraße 6

Stellenangebote

Wir suchen für unser Elektro-Fachgeschäft mit Rundfunk-Abteilung einen tüchtigen

Ingenieur

in Dauerstellung für durchaus selbständiges Arbeiten.

Bewerbungen mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild, Angabe der Gehaltsansprüche und des Eintrittstermins erbittet [2962]

Landwehr & Schultz, Detmold

Größeres Überlandwerk sucht zum baldigen Antritt einen

Buchhalter

möglichst aus dem Elektrofach mit gründlichen Kenntnissen in der Buchführung.

Selbstgeschriebene Bewerbung mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild und Gehaltsansprüchen erbeten unter E. 2993 an die Anzeigenabteilung der ETZ, Berlin W 9.

Junger strebsamer

Diplom-Ingenieur

oder

Physiker

mit guten theoretischen Kenntnissen und experimenteller Begabung für ausbaufähige Tätigkeit auf dem Gebiet der Tonaufzeichnung gesucht.

Schriftliche Bewerbungen erbeten an

KLANGFILM G. m. b. H.,
Berlin SW 11
Saarlandstraße 19 [3011]

Elektro-Jungingenieur

mit Abschlußprüfung einer staatlich anerkannten, mittleren oder höheren technischen Schule, zum baldigen Antritt **gesucht**, der ausreichende Kenntnisse der einfacheren Drehstrom- und Gleichstrommeßtechnik und der VDE-Vorschriften besitzt und an der Mitarbeit bei der Planung von elektrischen Ausrüstungen für Braunkohlen-Tagebaubetriebe interessiert ist. Spätere Verwendung als Betriebsingenieur ist nicht ausgeschlossen.

Bewerbungen mit selbstgeschrieb. Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild, Gehaltsansprüchen und Angabe des frühesten Antrittstermins sind zu richten an [3007]

Werschen-Weißenfelser Braunkohlen Akt.-Ges.
Halle (Saale), Prinzenstraße 16.

Wir suchen zum baldigen Eintritt mehrere junge

Elektro-Diplom-Ingenieure

sowie mehrere

Elektro-Ingenieure

mit abgeschlossener Ausbildung an einer Höheren technischen Lehranstalt, möglichst mit Kenntnissen in der Installationstechnik und Praxis, in entwicklungsfähige Stellungen.

Schriftliche Bewerbungen mit Lichtbild, Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Angabe der Gehaltsansprüche an die [2995]

Berliner Kraft- und Licht (Bewag)-Aktiengesellschaft
Personalverwaltung • Berlin NW 7, Schiffbauerdamm 22
Kenn-Nummer 500.

Selbsttätig arbeitende Pumpwerke mit elektrischem Antrieb

Geschäftliche Mitteilung der AEG

Der Betrieb von Pumpwerken läßt sich — sofern elektrischer Antrieb zur Verfügung steht — in einfacher Weise selbsttätig gestalten. Die zur Steuerung und Betätigung erforderlichen Geräte arbeiten zuverlässig, so daß eine hohe Betriebsicherheit gewährleistet werden kann. Durch den Einbau von Wassermengen- und Wasserstand-Anzeigegeräten an zentraler Stelle wird die Überwachung des Betriebes weiterhin vereinfacht und verbilligt.

Im allgemeinen wird das dem Brunnen oder dem Reinwasserbehälter entnommene Wasser auf Hochbehälter oder in Druckwasserkessel gedrückt, von wo aus es dem Verbrauch zugeleitet wird. Bei selbsttätig arbeitenden Werken werden Schwimmerschalter oder Kontaktdruckmesser eingebaut, die das Ein- und Ausschalten der erforderlichen Pumpenmotoren veranlassen. Der einfachste Betrieb ergibt sich bei Verwendung von Käfigläufermotoren für direkte Einschaltung, da dann als Anlaßgerät nur ein dreipoliger Fernschalter mit Motorschutzvorrichtung benötigt wird. Ist die direkte Einschaltung mit Rücksicht auf den hierbei auftretenden Stromstoß, der im Mittel das 4···5fache des Nennstromes beträgt, nicht zulässig, dann kann der Anlauf auch mittels Sterndreieckschalter erfolgen. In anderen Fällen werden auch Schleifringläufer - Motoren mit dauernd aufliegenden Bürsten und Selbstanlassern verwendet.

Abb. 1. Ferngesteuertes Pumpwerk mit drei 180-PS-Käfigläufermotoren für Sterndreieck-Anlauf

Abb. 1 zeigt ein ferngesteuertes **Industrie-Wasserwerk mit drei Pumpensätzen.** Jeder der tropfwassergeschützten Motoren ist für eine Leistung von 180 PS bei 1000 U/min, 500 V ausgelegt. Das Anfahren erfolgt selbsttätig durch die rechts neben den Motoren angeordneten Sterndreieckschalter mit liegender Schaltwalze in Verbindung mit Motorschutz - Fernschalter.

Wie die Fernsteuerung von Pumpenmotoren, die Rückmeldung der Betriebszustände des Pumpwerkes und die Wasserstandsmessung nach einer Ueberwachungsstelle erfolgen, wird an dem Schaltbild (Abb. 2) eines ebenfalls ausgeführten Wasserwerkes gezeigt. Die Anlage besteht aus drei Teilen: dem Hochbehälter, dem Pumpwerk und der Ueberwachungsstelle. Am Hochbehälter ist eine Kontaktvorrichtung a angebaut, die durch Schwimmer betätigt wird und bei verschiedenen Wasserständen zwei mehrere Kilometer entfernte Pumpenmotoren f steuert. Der höchste und tiefste Wasserstand werden durch Melderelais und Hupe angezeigt, so daß der Ueberwachende im Notfalle die In- oder Außerbetriebsetzung des Werkes veranlassen kann. Durch einen Ferngeber, der ebenfalls von dem Schwimmer im Hochbehälter verstellt wird, wird der Wasserstand nach der Ueberwachungsstelle übertragen. Von der Ueberwachungsstelle aus ist durch Betätigungsschalter b die Schaltung der Pumpenmotoren f auch von Hand möglich. Im Pumpwerk selbst sind neben den eigentlichen Motoren eingebaut: Zwei Zwischenrelais c, ein Wechselschalter d, die Sterndreieck-Fernschalter mit Hilfskontakten e und eine Kontaktvorrichtung an den Rückschlagklappen g. Bei sinkendem Wasserspiegel im Hochbehälter wird zunächst das linke Zwischenrelais c an Spannung gelegt, das wiederum den linken Sterndreieck-Fernschalter e betätigt und damit den einen Pumpenmotor f in Betrieb setzt. Reicht die Förderung dieses Pumpensatzes nicht aus, dann sinkt der Wasserspiegel im Hochbehälter weiter ab. Durch einen weiteren Hilfskontakt am Hochbehälter wird dann das zweite Zwischenrelais und damit der zweite Pumpensatz in Betrieb genommen. Die Pumpenmotoren werden durch Unterbrechen der Selbsthaltung der Zwischenrelais c bei nahezu vollem Behälter ausgeschaltet. Treten im Betrieb der Pumpen Störungen auf, dann werden diese durch Hilfskontakte am Sterndreieck-Fernschalter bzw. an der Rückschlagklappe sofort nach der Ueberwachungsstelle gemeldet. Der Wahl-Folgeschalter d gestattet nach Umschaltung auch den rechten Pumpensatz als den führenden zu verwenden. Dies wird in größeren Zeitabständen von Hand durchgeführt, so daß sich für beide Pumpensätze etwa die gleiche Betriebszeit erreichen läßt.

a = Wasserstand-Schaltvorrichtung mit Ferngeber
b = Wahlschalter für Handbetätigung
c = Zwischenrelais
d = Wahl-Folgeschalter
e = λΔ Fernschalter
f = Pumpenmotoren
g = Rückschlagklappen-Kontaktvorrichtung
h = Melderelais

Abb. 2. Selbsttätig arbeitendes Pumpwerk mit Betriebsrückmeldung und Wasserstandmessung

Bei großen Entfernungen zwischen Pumpwerk und Ueberwachungsstelle bzw. dem Hochbehälter werden leitungssparende Steuerverfahren (Eindraht- oder Wählersystem) verwendet. Mit nur wenigen Steueradern läßt sich dann der bedienungslose Betrieb großer Pumpwerke in zuverlässiger Weise durchführen.

Wirk- und Blindleistungsreglung in Ringnetzen.

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Der seit einigen Jahren ständig wachsende Bedarf an elektrischer Energie hat die Kraftwerke vor die schwere Aufgabe gestellt, den großen Anforderungen mit den vorhandenen Betriebsmitteln unbedingt zu genügen. Die Errichtung neuer Anlagen hat mit der Steigerung des Energiebedarfs fast nirgends Schritt halten können, so daß die vorhandenen Erzeugungs- und Uebertragungsanlagen bestmöglich ausgenutzt werden müssen. Durch Verbundbetrieb und Energieaustausch einzelner Kraftwerke untereinander konnten auftretende Schwierigkeiten in vielen Fällen behoben werden. Durch die ständig wachsende Verkupplung der Netze entstehen immer mehr Ringleitungen, die neben dem Vorteil erhöhter Betriebsicherheit vor allem niedrigere Uebertragungsverluste aufweisen. Leider entspricht die Stromverteilung in solchen Ringleitungen oft nicht der Leistungsfähigkeit der einzelnen Ringabschnitte. Dieser Uebelstand ist durch die meist verschiedenen Impedanzen der Ringstrecken bedingt. Er wird durch größere Leistungszufuhr oder Abgabe an einzelnen Punkten des Ringes (Städte, große Industriewerke) vielfach noch verschlimmert. Die Lastverteilung kann dadurch im Ring so ungünstig werden, daß unter Umständen ein Teilstück bereits wesentlich überlastet ist, während im anderen Teil des Ringes nur ein kleiner Bruchteil der zulässigen Höchstlast übertragen wird. Auf jeden Fall muß dabei mit einer wesentlichen Erhöhung der Fortleitungsverluste gerechnet werden.

Solche unerwünschten Belastungsfälle können auf einfache Weise durch Einschalten eines Regelumspanners kleiner Eigenleistung in die Ringleitung beseitigt werden. Von dieser Möglichkeit wird bisher nur wenig Gebrauch gemacht, obwohl die Betriebserfahrungen in Netzen mit solchen Regeleinrichtungen ohne jede Einschränkung außerordentlich gut sind. Durch den Einsatz eines entsprechend ausgelegten Regelumspanners, der dem Ring an der Einbaustelle eine Zusatzspannung bestimmter Phasenlage aufzudrücken gestattet, kann nahezu jede beliebige Lastverteilung im Ring eingeregelt werden. Bemerkenswert ist dabei vor allem die Tatsache, daß nicht nur Blindleistung, sondern auch Wirkleistung den jeweiligen Erfordernissen entsprechend geregelt werden kann. Somit kann also leicht der Betriebszustand erreicht werden, bei dem die Uebertragungsverluste der Leitungen ihren Kleinstwert erreichen und damit die bestmögliche Ausnutzung der Ringleitung gewährleistet ist.

Die Steuerung des Energieflusses in der Ringleitung wird dadurch erzielt, daß dem Ring mit Hilfe einer aufgedrückten Zusatzspannung ein Kreisstrom überlagert wird. Die Größe und die Richtung dieses Kreisstromes bestimmen die gewünschte Lastverteilung im Ringnetz.

An einem Beispiel aus der Praxis läßt sich die große Bedeutung der Leistungsreglung in Ringnetzen ohne weiteres erkennen:

Zwei Stationen sind über ein 30 km langes 30-kV-Kabel 3×95 mm² und eine 50 km lange 100-kV-Freileitung 3×95 mm² miteinander verbunden. Freileitung und Kabel sind an beiden Enden der Leitung über je einen 30-MVA-Umspanner 100/30 kV parallel geschaltet. Die zu übertragende Leistung beträgt im Mittel etwa 15 MVA. Entsprechend den Impedanzwerten des Leitungen fließen im Kabel 165 A, während in der Freileitung nur 49,5 A gemessen wurden. Die Fortleitungsverluste wurden dabei mit 550 kW ermittelt. Ein Mindestwert der Verluste wird jedoch dann erreicht, wenn sich in den beiden Leitungen die Ströme umgekehrt wie die ohmschen Widerstände verhalten.

Die ohmschen Widerstände der 100-kV-Leitung müssen dabei zum Vergleich auf die 30-kV-Seite umgerechnet werden. Demnach wäre ein Betrieb anzustreben, bei dem ein Strom von etwa 37 A über das Kabel und ein Strom von 75 A über die Freileitung fließen. Im vorliegenden Falle wurde durch eine Zusatzspannung von 8 % auf der 30-kV-Seite ein Kreisstrom von 133 A so durch den Ring geschickt, daß das Kabel weitgehend entlastet und die Freileitung zusätzlich belastet wurde. Dabei gingen die gesamten Uebertragungsverluste auf etwa 190 kW zurück, was einer außerordentlichen Erhöhung der Wirtschaftlichkeit gleichkommt. Die Eigenleistung des aufzustellenden Regelumspanners brauchte dabei nur etwa 170 kVA zu betragen.

Die Grenze der Anwendungsmöglichkeit dieser Reglung liegt da, wo durch stark voneinander abweichenden Ringimpedanzen die Zusatzspannungen zur Erreichung einer bestimmten Lastverschiebung im Ring so groß werden, daß hinter dem Regler die Netzspannung Werte erreicht, die für benachbarte Abnehmer nicht tragbar sind oder die sogar die Sicherheit der Gesamtanlage gefährden.

In der Abbildung ist ein AEG-Wirk- und Blindleistungsregler für ein 6-kV-Netz mit 5000 kVA Durchgangsleistung gezeigt. Die Reglung kann in ± 8 Stufen von je 1,25 % erfolgen. Der Regler hat für beide Reglungen je einen Kern. Eine Erregerwicklung ist in Stern, die andere in Dreieck geschaltet. Der Betrieb mit diesen Reglern hat gezeigt, daß die Verschiebung von Wirk- und Blindleistung völlig unabhängig voneinander vorgenommen werden kann.

Regelumspanner für 5000 kVA Durchgangsleistung 6250/8 × 45,5 V je Phase für Längs- und Querreglung.

Glühkathoden-Gleichrichter für Notbeleuchtungsanlagen.

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Notbeleuchtungsanlagen haben stets ihre eigene Stromquelle. Aus Sicherheitsgründen wird hierfür meist eine Akkumulatorenbatterie gewählt, die stets eine sofortige Betriebsbereitschaft verbürgt. Die Voraussetzung dafür, daß die Notlichtbatterie ihre Aufgabe erfüllen kann, ist, daß diese Batterie immer in bestem Ladezustand erhalten wird. Hierzu ist es erforderlich, die in Bereitschaft stehende Notlichtbatterie durch einen kleinen Ladungserhaltungsstrom vor Selbstentladung zu schützen. Außerdem muß die Notlichtbatterie schnellstens wieder aufgeladen werden können, sobald sie in einem Störungsfall eingesetzt und dabei ganz oder teilweise entladen wurde. Für die Aufladung und Ladungserhaltung von Notlichtbatterien[1]) haben sich die AEG-Glühkathoden-Gleichrichter Form GBW · · · p 4 und GBW · · · p 5 gut bewährt. Sie zeichnen sich u. a. dadurch aus, daß sie sofortige Betriebsbereitschaft ohne weitere Zusatzgeräte sichern.

Abb. 1. Glühkathoden-Gleichrichter Form GBW · · · p 4.

Beide Formen können an ein Wechselstromnetz bzw. an eine Phase eines Drehstromnetzes (gewöhnlich 220 V, 45 · · · 55 Hz) angeschlossen werden.

Jede der beiden Ausführungen wird in acht Größen reihenmäßig gebaut, und zwar bis 3 A und bis 6 A Ladestrom bei der Schnelladung und außerdem je zur Ladung von 12, 22, 35 oder 58 hintereinandergeschalteten Bleizellen. Die räumlichen Abmessungen betragen für die kleinste Ausführung (3 A, 12 Zellen) nur

250 mm × 320 mm × 400 mm,

für alle anderen Ausführungen

280 mm × 350 mm × 490 mm.

Von den Gleichrichtern GBW · · · p 4 und GBW · · · p 5 stellt die Form GBW · · · p 4 (Abb. 1) die einfachere Ausführung dar. Dieses Gerät besteht aus den Wechselstrom-Anschlußklemmen, einem Umspanner mit getrennten Wicklungen, zwei Anodensicherungen, einer Gleichrichterröhre mit zwei Anoden, die also beide Halbwellen des Wechselstromes ausnutzt, einem Zusatzwiderstand und den Gleichstrom-Anschlußklemmen. Alle Teile sind in einem gemeinsamen Blechgehäuse zusammengefaßt.

Sicherungen
Wechselstrom-schalter
Trafo
Anod.-Sicherung
Zünd-widerst.
Röhre
Widerstand
Ladungs-erhaltungs-klemme
D
Batterie
AEG
K 61838

Abb. 2. Schaltbild des Gleichrichters nach Abb. 1.

[1]) S. auch AEG-Druckschrift Grf/V 20, Teil III.

Durch den erstgenannten Widerstand kann die Schnellade-Stromstärke zwischen der Nennstromstärke und ¼ dieses Wertes eingestellt werden (für noch kleinere Stromstärken werden Trockengleichrichter verwendet). Durch den Zusatzwiderstand ist es möglich, die Dauerladestromstärke zwischen etwa 20 und 200 mA einzustellen.

Abb. 2 zeigt die **Schaltung** des Gleichrichters Form GBW · · · p 4. Die oben gezeichneten Vorsicherungen und der Wechselstromschalter gehören nicht zum Gleichrichter, sondern sind getrennt anzubringen. Die Notlichtbatterie wird für die Schnelladung an die Plus- und Minusklemmen angeschlossen (wie im Schaltbild gezeichnet), während bei Dauerladung der Anschluß an die Ladungserhaltungsklemme D und die Minuskemme erfolgt.

Abb. 3 stellt die **Form GBW · · · p 5** dar. Dieses Gerät besteht aus den gleichen Teilen wie GBW · · · p 4 hat aber außerdem einen vierstufigen Paketschalter für den Zusatzwiderstand, so daß die Dauerlade-Stromstärke leicht stufenweise geregelt werden kann. Ferner ist ein Sonderspannungsmesser mit Meßbereichen für V/Zelle und für die Gesamtspannung eingebaut. Schließlich hat die Form GBW · · · p 5 noch je einen zweipoligen Wechselstrom- und Gleichstromschalter. Abb. 4 zeigt die **Schaltung** des Gleichrichters Form GBW · · · p 5. Auch hier gehören die Vorsicherungen nicht zum Gleichrichter. Für den Anschluß der Batterie gilt das gleiche wie oben für GBW · · · p 4 angegeben.

Abb. 3. Glühkathoden-Gleichrichter Form GBW · · · p 5.

Aus den Schaltungen geht hervor, daß die Form GBW · · · p 4 dort zu verwenden ist, wo die Notlichtbatterie für gewöhnlich nicht gebraucht wird, also mit einem gleichbleibenden, einmal einzustellenden Dauerlade- bzw. Ladungserhaltungsstrom gerechnet werden kann. Kommt dagegen nur zeitweise Inanspruchnahme der Notlichtbatterie und damit zeitweise stärkere Nachladung in Frage, dann ist die Form GBW · · · p 5 vorzuziehen. Die Gleichrichter erhalten bei Ladeerhaltungsströmen unter 0,3 A eine Vorbelastung in Form einer Kerzenlampe. Die Gleichrichter können auch für größere Leistungen ausgeführt werden.

Sicherungen
Wechselstrom-schalter
Trafo
Anod.-Sicherung
Zünd-widerst.
Röhre
Gleichstrom-schalter
Widerstand
V
Ladungs-erhaltungs klemme
D
Batterie
AEG
K 61839

Abb. 4. Schaltbild des Gleichrichters nach Abb. 3.

Freistrahl-Druckgasschalter

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Bei den Druckgasschaltern mit getrennter Druckgaserzeugung haben sich im Laufe der Entwicklung zwei äußerlich scharf unterschiedene Bauformen herausgebildet, die Wandschalter für Spannungen bis 30 kV für Innenraumanlagen und die Freistrahlschalter für höhere Spannungen, insbesondere für Freiluftaufstellung.

Die **Freistrahlschalter** gleichen in ihrem äußeren Aufbau den neuzeitlichen Trennschaltern. Der am meisten auffallende äußere Unterschied gegenüber einem Trennschalter sind die Löschköpfe an der Trennstelle. Außerdem sind die Kontakte als Druckkontakte ausgebildet. Den Schnitt durch einen **Löschkopf** zeigt

1 = Stiftkontakte, 2 = Feder, 3 = Löschkopfträger, 4 = Schleifkontakt, 5 = Zuführung der Druckluft, 6 = Lichtbogenraum, 7 = Kolben, 8 = Düsenförmige Öffnung, 9 = Isolierkörper, 10 = Lichtbogen.

Abb. 1. Löschkopf eines Freistrahlschalters im eingeschalteten Zustand und während der Lichtbogenlöschung.

Abb. 1. Der in der Isolierdüse bewegliche Kontaktstift wird bei Beginn der Löschgasströmung mit hoher Geschwindigkeit in die Isolierdüse hineingezogen, während die Luft den Lichtbogen an seinem Fußpunkt bebläst, kühlt und nach etwa zwei Halbwellen löscht. Ein weiterer Vorzug dieser Anordnung in elektrischer Hinsicht ergibt sich aus der geringen Masse der Teile, die für die Lichtbogenlöschung bewegt werden müssen, wodurch die Eigenzeit des Freistrahlschalters herabgesetzt wird. Infolge des geringen Druckes und der kleinen Menge der Löschluft und infolge der kurzen Lichtbogendauer können die Gase unmittelbar ins Freie geblasen werden.

Als Beispiel eines Freistrahlschalters für Betriebspannungen von 30 ··· 80 kV ist in Abb. 2 ein **Druckgasschalter für 60 kV** dargestellt. Er gleicht im wesentlichen einem Schubtrennschalter. Die mechanisch bewegten Kontakte werden mit Hilfe der Antriebisolatoren und der aufgebauten Gelenkvierecke angetrieben; die letztgenannten bestehen aus Leichtmetall und haben den Zweck, die Geschwindigkeit am Kopf des Antriebisolators auf das Doppelte am mechanisch bewegten Kontakt zu übersetzen, um die Beanspruchung in den Antriebisolatoren klein zu halten. Antrieb-, Abspann- und Blasisolatoren bestehen aus hochwertigen keramischen Werkstoffen. Den mechanisch bewegten Kontakten gegenüber sind die feststehenden Löschköpfe angeordnet, deren Wirkungsweise bereits beschrieben wurde.

Während bei Freistrahlschaltern bis 80 kV je Pol nur ein Löschkopf notwendig ist, wird am Freistrahlschalter für 100, 150 und 200 kV Betriebspannung (Abb. 3) am Kopf jedes Isolators ein Kontaktarm befestigt, der am freien Ende den Löschkopf mit dem gefederten Druckkontakt trägt. Im eingeschalteten Zustand stehen die Köpfe jeder Phase zwischen den beiden Polisolatoren einander gegenüber. Beim Ausschalten wird ihnen durch die Stützer und die Kontaktarme Druckluft zugeführt, wobei die Kontakte in die Löschköpfe gezogen und die Lichtbögen, wie beschrieben, gelöscht werden. Gleichzeitig werden die Polsäulen gedreht und die Köpfe mit den Kontakten auseinandergeschwenkt. Die Bewegung der Trennarme wird durch einen mit Bremsflüssigkeit arbeitenden Geschwindigkeitsregler weich abgefangen.

a = Abspannisolator
b = Antriebisolator
c = Blasisolator

Abb. 2. Dreipoliger Druckgasschalter 60 kV, 600 A, 600 MVA.

Abb. 3. Freistrahl-Druckgasschalter, 100 kV, 1500 MVA.

Der **Freistrahl-Druckgasschalter** ist unter Verwendung billiger Zusatzeinrichtungen besonders geeignet, das Netz kurzzeitig abzuschalten und den unterbrochenen Stromkreis wenige Halbperioden später wieder selbsttätig einzuschalten. Hierdurch können unter bestimmten Voraussetzungen Kurzschlußlichtbögen an Leitungen oder Isolatoren gelöscht werden, wobei eine unbedenkliche Spannungsabsenkung von Bruchteilen von Sekunden auftritt. Bleibt auch die wiederholte Kurzschlußfortschaltung erfolglos, so wird die Fehlerstrecke wie üblich endgültig abgeschaltet. Der Freistrahl-Druckgasschalter läßt sich bis zu den größten Ausführungen, nämlich als dreipolig gekuppelter Schalter für 220 kV, fertig zusammengebaut auf der Bahn versenden, so daß er an der Einbaustelle ohne weitere Zusammenbauarbeiten schnellstens in Betrieb genommen werden kann, was eine willkommene Ergänzung zu dem auf dem Gebiet der Wandertransformatoren erreichten Erfolge bedeutet.

Elektrotechnische Zeitschrift

An die Herren Verfasser von Aufsätzen

Um angesichts des beschränkten Raumes der ETZ möglichst zahlreiche Aufsätze unterbringen zu können und im Interesse einer raschen Veröffentlichung der Arbeiten bitten wir, daß der Gesamtumfang von Aufsätzen im allgemeinen 3 ETZ-Seiten nicht überschreitet. Eine ETZ-Seite entspricht 4 Schreibmaschinenseiten mit je 30 Zeilen zu je 60 Zeichen. — Die Urschrift soll möglichst auf DIN-A-4-Bogen eingereicht werden und links einen 5 cm breiten Rand für die Druckfertigmachung, rechts einen freien Raum von 1 bis 2 cm aufweisen. Für jedes Bild einschließlich Unterschrift sind im Mittel 20 Schreibmaschinenzeilen (= ⅔ Schreibmaschinenseite) in der Urschrift abzuziehen. Für jede ETZ-Seite sind im allgemeinen nicht mehr als 1 bis 2 Bilder vorzusehen. Bei der Niederschrift sind das Heft „Gestaltung technisch-wissenschaftlicher Veröffentlichungen" und das „Kurztitelverzeichnis technisch-wissenschaftlicher Zeitschriften" (beide im Beuth-Verlag, Berlin SW 68) sowie die Empfehlungen des Ausschusses für Einheiten und Formelgrößen (AEF) und die DIN VDE-Schaltzeiten und Schaltbilder zu berücksichtigen. Für die Schreibweise technischer und physikalischer Gleichungen ist DIN 1313 maßgebend.

Sonderdrucke werden nur auf rechtzeitige Bestellung und gegen Erstattung der durch den besonderen Druck entstandenen Selbstkosten geliefert. Den Verfassern von Originalbeiträgen stehen bis zu 5 Expl. des betr. vollständigen Heftes kostenfrei zur Verfügung, wenn uns ein dahingehender Wunsch bei Einsendung der Handschrift mitgeteilt wird. Nach Druck des Aufsatzes erfolgende Bestellungen von Sonderdrucken können in der Regel nicht berücksichtigt werden.

Die **Anschriften** der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ sowie der Verfasser der Aufsätze befinden sich auf der letzten Textseite jedes Heftes.

Bezugsbedingungen

Die „Elektrotechnische Zeitschrift" erscheint in wöchentlichen Heften und kann im **In-** und **Ausland** durch jede Sortimentsbuchhandlung und jede Postanstalt bezogen werden. Bezugspreise: jährlich RM 40,—; vierteljährlich RM 10,—; monatlich RM 3,50. Hierzu tritt bei direkter Zustellung unter Streifband das Porto bzw. beim Bezuge durch die Post (nur vierteljährlich) die postalische Bestellgebühr. Einzelheft RM 1,50 zuzügl. Porto.

An die Verbandsmitglieder und Postbezieher

Beim Ausbleiben von Heften sind Beschwerden nicht an den Verlag, den VDE oder den VDE-Bezirk, sondern sofort an das zuständige Postamt zu richten. Spätere Heftnachforderungen können nur gegen Berechnung ausgeführt werden.

Bei jedem Wohnungswechsel — auch bei vorübergehendem — ist rechtzeitig (etwa 10 Tage vor dem Wechsel) ein Antrag an das Postamt der alten Wohnung auf Überweisung nach der neuen Anschrift zu stellen. Antragsformulare hierzu sind auf jedem Postamt erhältlich.

Bei dauerndem Wohnungswechsel haben außerdem die Mitglieder des VDE ihre alte und neue Anschrift der Geschäftsstelle des VDE, Mitgliederabteilung, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 (VDE-Haus), mitzuteilen. (Bei nur vorübergehendem Wohnungswechsel wolle man von dieser Mitteilung absehen.)

Die Erneuerung der Abonnements muß, um Störungen in der Zustellung zu vermeiden, stets rechtzeitig seitens der Bezieher erfolgen.

Anzeigenpreise und -bedingungen

Preise: Die gewöhnliche Seite RM 272,—, ½-, ¼-, ⅛-seitige Anzeigen bis herab auf eine 1/64-Seite anteilig.

Rabatt: bei jährlich	3	6	13	26	52maliger Aufnahme
	3	5	10	15	20 %

Gelegenheitsanzeigen sind sogleich bei Bestellung auf Postscheckkonto 118 935 Berlin, Julius Springer, zahlbar unter gleichzeitiger entsprechender Benachrichtigung an die Anzeigenabteilung des Verlages.

Stellengesuche RM 181,30 netto die Seite; Seitenteile entsprechend. Aufnahme nach Eingang der Zahlung.

Ziffernanzeigen. Für Annahme und freie Beförderung einlaufender Angebote wird eine Gebühr von mindestens RM 1,— berechnet.

Für besondere Plätze Aufschlag nach vorheriger Vereinbarung.

Beilagen: Preis für je 1000 Beilagen (bis 25 g Gewicht) einschl. Postgebühr: RM 20,—, Zahl der erforderlichen Beilagen auf Anfrage.

Erfüllungsort für beide Teile Berlin-Mitte.

Schluß der Anzeigenannahme: Montag vormittag 8 Uhr

Geschäftlicher Verkehr

Zuschriften und **Sendungen** für Anzeigen, Beilagen, Sonderdrucke und sonstige geschäftliche Fragen an die Verlagsbuchhandlung **Julius Springer**, Berlin W 9, Linkstr. 22-24. Drahtanschrift: Springerbuch Berlin. Fernsprecher: 21 81 11. — **Bankkonten:** Reichsbank-Girokonto: Deutsche Bank, Depositenkasse C, Berlin W 9, Berliner Handels-Gesellschaft, Berlin W 8. **Postscheckkonto:** Berlin Nr. 118 935. Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9.

Baugerechte Faltverteilungen.

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Ein sehr wichtiger Teil jeder elektrischen Anlage ist die Verteilungsstelle der Energie, in der alle Schalt-, Sicherungs- und Meßgeräte untergebracht sind. Während früher vielfach ein Wirrwarr von unschönen Geräten auf schlecht anzubringenden Schalttafeln untergebracht war und raumstörend wirkte, wird heute gerade das Gegenteil angestrebt. Die Ausführungsformen der neuzeitlichen Verteilungstafeln mit ihren Bestückungsgeräten bezeichnet werden. Mit ihr sind die besten Raumwirkungen zu erzielen.

Die Abb. 1···4 zeigen einige kennzeichnende Merkmale des technischen Aufbaus sowie die einzelnen Abschnitte des Zusammenbaus einer baugerechten Unterputz-Faltverteilung mit Zwischenrahmen und Scharniertür. In die vorbereitete unverputzte oder verputzte Wandnische mit den bereits eingezogenen Leitungen

Abb. 1. Wandnische mit eingezogenen Leitungen.

Abb. 2. Traggerüst, mit Geräten bestückt und verdrahtet.

sollen so durchgebildet sein, daß sie folgende Vorzüge aufweisen: Ansprechendes Aeußeres in Form und Farbe, um eine harmonische Raumwirkung zu erzielen, plombierbare Klemmenschutzplatte, übersichtlicher vorderseitiger Anschluß und bequeme Überprüfung der Leitungen, schneller Aufbau bei Verlegung sowohl auf als auch in der Wand, leichtes Auswechseln der Gerätebestückung, (Abb. 1) wird das aus Profilstegen bestehende Traggerüst mit auf Tragschienen angebrachten und bereits verdrahteten Geräten an vier eingesetzten Dübeln befestigt und die ankommenden und abgehenden Leitungen vorderseitig angeklemmt (Abb. 2).

Bei Bestückung mit Elfa-Dauersicherungen entstehen selbsttätige Verteilungsgruppen mit steter Betriebsbereit-

Abb. 3. Faltverteilung mit aufgesetztem verstellbarem Zwischenrahmen.

Abb. 4. Fertig zusammengebaute Faltverteilung.

einfache Bedienung und gute Ueberwachungsmöglichkeit des Betriebszustandes der Gesamtanlage.

Die AEG hat mit der Erstellung von drei Grundformen ihrer baugerechten Faltverteilungen Ausführungsformen geschaffen, die in vorbildlicher Weise allen diesen Anforderungen genügen. Die Aufputz-Verteilung wird hauptsächlich in Bauten verwendet, wo man von einer nachträglichen Nischenanordnung absehen möchte und wo dünne Wände die Anordnung einer Nische nicht zulassen. Die halbversenkte Ausführung ist besonders für halbstarke Wände (z. B. dünne Zwischenwände) geschaffen worden. Die Verteilung ist demnach für Flach-Nischeneinbau bestimmt und ragt nur zu einem Teil aus der Wand. Am vorteilhaftesten wirkt sich zweifellos die Unterputz-Verteilung aus; sie kann als zweckmäßigste und schönste Einbauart für jeden Neubau schaft; gleichzeitig wird ein vollkommener Berührungsschutz erzielt. Die Elfa-Steck-Dauersicherungen werden eingesteckt, und der verstellbare Zwischenrahmen (DRP.), der bis zu 40 mm Nischen-Ungenauigkeit ausgleicht, mit Scharnier- oder Hebeltür (DRP.) wird aufgesetzt (Abb. 3).

Die fertig zusammengebaute AEG-Faltverteilung wird nun mit der plombierbaren Abdeckplatte (Klemmenschutzplatte) versehen, deren Aussparungen nur die für die Bedienung der Anlage erforderlichen Teile der Bestückungsgeräte frei lassen (Abb. 4). Die Verteilungsanlage ist nun betriebsbereit.

Für die Unterputz-Faltverteilungen der AEG läßt sich in vielen Fällen die erforderliche Wandnische bereits beim Bau in einfachster Weise durch Fortlassen einer Ziegelreihenschicht herstellen.

Schalten und Regeln von Starkstromkondensatoren.

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Seit dem Jahre 1934/35 werden die Starkstromkondensatoren in immer stärkerem Maße von der Industrie und von den öffentlichen Elektrizitätsversorgungs-Unternehmen zur tariflichen Blindstromkostensenkung, zur Netzentlastung und Netzverstärkung, zur Herabsetzung der Uebertragungsverluste, zur Spannungsreglung und Spannungshaltung sowie zur Lösung ähnlicher Aufgaben herangezogen, die noch vor 10 ··· 15 Jahren allein den belasteten und leerumlaufenden Phasenschiebern vorbehalten waren. Nachdem heutzutage auf der Unterspannungsseite der Netze und Industrieanlagen Kondensatorbatterien bis etwa 2000 kVar und auf der Oberspannungsseite solche in der Größenordnung von 5 ··· 30 000 kVar zentral oder in Gruppen eingesetzt werden, muß man der hiermit verbundenen Aufgabe des einwandfreien Schaltens und vor allem auch Parallelschaltens der einzelnen Kondensatoren unter Spannung gesteigerte Beachtung schenken.

Bild 1. Druckgasschalter Reihe 10, 400 MVA, zum Schalten von 2250-kVar-Kondensatorleistung, eingebaut in eine 23,4-MVar-Hochspannungs-Kondensatoranlage.

Bei Niederspannung scheiden Hebelschalter mit Sicherungen für das Parallelschalten der Kondensatoren unter Spannung von vornherein aus, da sich hierbei infolge des Fehlens dämpfend wirkender Blasspulen, Schnellauslöser und dgl. sowie infolge der geringen Eignung der Messerkontakte bereits sehr häufig erhebliche Störungen für das Bedienungspersonal und die Schalter ergeben haben. Dagegen eignen sich die unter Oel arbeitenden Schütze Form MSBO sowie die in Bahnen und Baggeranlagen und ähnlichen Betrieben mit großer Schalthäufigkeit allgemein verwendeten Schütze Form NSW sehr gut zum Schalten und Parallelschalten von Niederspannungskondensatoren. Dasselbe gilt für die Motorschutzschalter Form MSB und vor allem für die bis zu Kondensatorströmen von etwa 800 A verwendbaren EM-Automaten mit ihren neuzeitlichen Klotzkontakten. Sowohl die MSB- als auch die EM-Automaten weisen die zur Dämpfung der Parallelschaltstromstöße unentbehrlichen magnetischen Kurzschluß-Schnellauslöser auf und haben die als ausgezeichneten Kondensatorüberlastungsschutz dienenden zwei- bzw. dreiphasigen Wärmeauslöser. In ihrer Ausführungsform als Fernsc...lter lassen sie sich auch für handbediente oder selbsttätig arbeitende Kondensator-Regelanlagen verwenden.

In Hochspannungsanlagen können beim Schalten von nur einer einzigen Kondensatorbatterie ohne weiteres vorstufenlose Leistungsschalter (Druckgasschalter, Bild 1) oder die normalen Hartgas-Leistungsschalter und Leistungstrennschalter Form CKL und CLT benutzt werden. Nicht nur das Zuschalten, sondern auch das Ausschalten stellt bei Hochspannung besondere Anforderungen an jeden Kondensatorschalter. Den Bedingungen des kapazitiven Schaltens und rückzündungsfreien Abschaltens werden die von der AEG hergestellten fremdbeblasenen Druckgasschalter für Kondensatorleistungen weit über 5 ··· 10 000 kVar gerecht. Aehnlich verhalten sich die kompressorlosen Druckgasschalter Form CKL sowie die Hartgas-Leistungstrennschalter Form CLT mit ihren Lichtbogenkammern, bei denen stets die Lichtbogenenergie selbst zu der beabsichtigten Strömung des gasförmig werdenden Löschmittels und damit zur Lichtbogenlöschung herangezogen wird; wie Versuche und praktische Erfahrungen ergeben haben, lassen sich sogar mit den Hartgas-Leistungstrennschaltern noch Kondensatorleistungen von 1000 ··· 1500 kVar einwandfrei abschalten.

Sollen dagegen mehrere an eine gemeinsame Sammelschiene angeschlossene Kondensatoren unter Spannung geschaltet werden, so sind zur Dämpfung des Parallelschalt-Stromstoßes den erwähnten Leistungsschaltern entweder Dämpfungswiderstände geringen Ohmwertes dauernd vorzuschalten oder aber man verwendet höherohmige Dämpfungswiderstände, die nach dem Einschalten des Kondensators durch einen Trennschalter zwangläufig kurz geschlossen werden.

a = Vorstufenwiderstand, b = Schaltkammer, c = Kontaktrohr, d = Zeitverzögerung, e = Überstromauslöser, f = Entladewiderstand, g = Entladekontakt, h = Schaltmechanismus, i = Betätigungsgestänge.

Bild 2. Hartgas-Leistungstrennschalter Reihe 10, 200 A, mit Vorstufen- und Entladewiderständen, zum Schalten und Regeln von Hochspannungskondensatoren.

Neuerdings sind, abgesehen von Sonderregelanordnungen, von der AEG Hartgas-Leistungstrennschalter Form CLT, Reihe 10 und Reihe 20, mit Vorstufenwiderständen und an Erde gelegten Entladewiderständen (Bild 2) entwickelt worden. Bei diesen Schaltern ist an der Schaltkammer ein Kontaktabgriff für einen außen angebrachten Vorstufenwiderstand vorgesehen. Beim Ausschalten stößt die untere Verlängerung des Kontaktrohres in einen Entladekontakt, der mit einem geerdeten Entladewiderstand verbunden ist. Diese Sonder-Leistungstrennschalter können entweder in Verbindung mit Hochleistungssicherungen ohne oder mit Energiekennzeichen unmittelbar ans Netz angeschlossen werden, oder aber sie werden unter Vorschaltung eines gemeinsamen Druckgasschalters ausreichender Abschaltleistung an die Sammelschiene gelegt. Diese neuentwickelten Vorstufen-Leistungstrennschalter eignen sich sowohl für handbetätigte als auch für selbsttätig arbeitende Kondensatorregelanlagen.

Durch diese Druckgasschalter-Bauformen werden für den Fall der Lastreglung mehrerer an einer gemeinsamen Sammelschiene angeschlossener Hochspannungskondensatoren die früher bevorzugten Vorstufenölschalter entbehrlich. Hierdurch wird der öllose Aufbau der Hochspannungsschaltanlagen entsprechend den heutigen Erfahrungen und Anschauungen weiter gefördert.

Stromkostensenkung durch Starkstromkondensatoren.

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Vor 15 ··· 20 Jahren wurde zum erstenmal in der deutschen Elektrizitätswirtschaft durch die Einführung von Blindstromtarifen der Tatsache Rechnung getragen, daß bei schlechtem Leistungsfaktor wesentlich größere Stromerzeugungs- und Uebertragungseinrichtungen erforderlich sind, als wenn die Abnehmer mit gutem Leistungsfaktor arbeiten. Bei vergrößerter Scheinleistungslieferung erhöhen sich nicht nur die Gesamtanlagekosten der Kraft- und Umspannwerke, der Freileitungen, Kabel usw., sondern es wachsen auch die bei der Uebertragung auftretenden Stromwärmeverluste. Hierdurch wird naturgemäß der Gestehungspreis einer kWh wesentlich beeinflußt. Außerdem wirkt sich der schlechte $\cos \varphi$ ungünstig auf die Höhe der Kurzschlußströme, auf die Spannungsreglung der Netze usw. aus, so daß die Elektrizitätswerke großen Wert auf die Blindstromkompensation ihrer Abnehmer legen müssen.

Anderseits ist der durch die einzelnen Tarife für die Stromabnehmer gegebene Anreiz zur Blindstromkompensation in der Regel sehr groß, so daß man überrascht ist, wenn man sich über die absolute Höhe der in einer 10 ··· 15jährigen Nutzungsdauer erzielbaren Nettoersparnisse genau Rechenschaft ablegt.

In dem nachstehenden Beispiel wurde eine Industrieanlage mit einem Wirkverbrauch von 2,4 Millionen kWh/Jahr bei einem unkompensierten $\cos \varphi = 0{,}625$ und einer Benutzungsdauer der Kondensatoren von 3000 h/Jahr untersucht. Das Ergebnis des Ersparnisnachweises ist in der Kurvenschar (Abb. 1) übersichtlich dargestellt. Aus den Kurven ergibt sich, daß es sich nahezu bei allen Tarifen lohnt, bis in die Nähe von $\cos \varphi = 1$ zu kompensieren. Hierzu wäre in dem gewählten Beispiel jeweils 1000-kVar-Kondensatorleistung erforderlich, deren einmalige Anschaffungskosten bei 380 ··· 550 V etwa 25 000 RM (Kurve D) und deren Verlustkosten innerhalb des niedrig angesetzten Abschreibungszeitraumes von 10 Jahren rund 4500 RM betragen. (Kurve B.) Demgegenüber ergeben sich innerhalb von 10 Jahren beim Blindverbrauchstarif Bruttoersparnisse in der Höhe von etwa 150 000 RM (Kurve A), beim Scheinleistungstarif in Höhe von 358 000 RM und beim Gemischten $\cos \varphi$-Tarif in Höhe von 574 000 RM. Zieht man hiervon die Verlustkosten sowie die Anlagekosten ab, so verbleiben noch 120 000 RM beim Blindverbrauchstarif bzw. rund 330 000 RM beim Scheinleistungstarif und 545 000 RM Nettoersparnisse (Kurve E) beim Gemischten $\cos \varphi$-Tarif.

Man erkennt, daß weder der Eigenverbrauch, noch die Anlagekosten die beträchtliche Höhe der Nettoersparnisse wesentlich beeinflussen. Daher sollte jeder Betriebsleiter die aus dem Tarif erwachsenden Vergünstigungen in vollem Maße zu seinem Vorteil ausschöpfen, zumal er hierdurch die in den Blindstromklauseln der Tarife zum Ausdruck gebrachten Bestrebungen der deutschen Energiewirtschaft nachdrücklich unterstützt.

A = Bruttoersparnisse,
B = Verlustkosten,
C = Bruttoersparnisse abzüglich Verlustkosten,
D = Gesamtanlagekosten,
E = Nettoersparnisse,
F = Spezifische Nettoersparnisse,
G = Ersparnisse in Prozent der Stromkosten vor der Kompensation,
H = Abschreibungszeit bei Verwendung der Einsparungen zum sofortigen vollständigen Abschreiben.

Abb. 1. Vergleichender Ersparnisnachweis für verschieden große Kompensationsgrade bei 380···550 V und 3000 h/Jahr über einen Zeitraum von 10 Jahren für die drei Haupttarifformen.

Auf den kWh-Preis umgerechnet ergibt sich bei Kompensation auf $\cos \varphi = 1$ eine Ersparnis von 7,8 %, bzw. 15,7 % und 16,1 % (Kurve G). Die Kondensatoren selbst wären innerhalb von 1,72 bzw. 0,71 und 0,5 Jahren restlos abgeschrieben, wenn man die Blindstromeinsparung zum sofortigen Abschreiben der Kondensatoren verwenden würde (Kurve H).

Das Ergebnis derartiger Rechnungen ist naturgemäß in starkem Maße von der Tarifart, Stromkostenhöhe, Anschlußspannung, Batteriegröße, Benutzungsdauer, den Betriebsverhältnissen usw. abhängig. Bei genauer Untersuchung der Verhältnisse ergibt sich meist ein Anreiz und Bestwert für eine Kompensation bis auf $\cos \varphi = 0{,}90 \cdots 0{,}95$ ind. Abb. 2 zeigt einen Teil einer 1500-kVar-Niederspannungs-Kondensatoranlage, die vor einigen Jahren bei einer Durchschnittsaufnahme von 3500 kW für eine Kompensation von $\cos \varphi = 0{,}76 \cdots 0{,}92$ geliefert wurde. Bei dem dort herrschenden Gemischten $\cos \varphi$-Tarif bringt diese Anlage innerhalb von 10 Jahren bei 7000 Betriebstunden je Jahr eine Nettoersparnis von über 1 Million RM ein, wobei die Anschaffungskosten in Höhe von nur 37 000 RM bereits berücksichtigt sind. Die Anlage ist in der Zwischenzeit öfters erweitert worden, da es sich entsprechend den Kurven E der Abb. 1 auch hier lohnte, bis in die Nähe von $\cos \varphi = 1$ zu kompensieren.

Abb. 2. Teilansicht einer 1500-kVar-Kondensatoranlage für 380 V, 50 Hz Drehstrom.

Man ist sonst in der Volkswirtschaft an derartig hohe Erträge oder Verzinsbarkeit der Wirtschaftsgüter nicht gewöhnt. Die angeführten Beispiele zeigen sehr deutlich, daß die Unkosten eines Betriebes bei sorgfältiger Ueberprüfung stark verringert und damit die Gestehungskosten der Erzeugnisse wirksam gesenkt werden können.

Fortschritte in der Anwendung von Metalldampflampen.

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Die Metalldampflampen, also die elektrischen Lichtquellen, bei denen zur Lichterzeugung nicht ein fester Leiter erhitzt wird, sondern Metalldämpfe elektrisch zum Leuchten angeregt werden, haben besonders für industrielle Beleuchtungszwecke immer größere Verbreitung gefunden. Während man ursprünglich bei der Anwendung dieser neuen Lichtquellen sich hauptsächlich von dem Gedanken der gesteigerten Wirtschaftlichkeit leiten ließ, hat inzwischen die Erfahrung gelehrt, daß die

Abb. 1. Laboratoriumsbeleuchtung mit Mischlicht.

Verbesserung der Sehmöglichkeiten ein noch viel wichtigerer Vorzug dieser Lampen ist. Diese Verbesserung der Sehbedingungen ist nun nicht etwa als subjektiver Eindruck zu werten, sondern hat durchaus nachprüfbare und einwandfreie Grundlagen. Zunächst sei daran erinnert, daß das spektrale Hellempfindlichkeits-Maximum des menschlichen Auges sowohl für das Formen als auch für das Farbensehen im Blau-grün-Bereich des Spektrums liegt, einer Lichtfarbe, wie sie von den Dampflampen überwiegend erzeugt wird. Sodann wird bei Licht von einfarbiger Zusammensetzung die Seh-Unschärfe vermieden, die infolge des Helmholtzschen Augenfehlers immer dann auftritt, wenn bei vielfarbiger Beleuchtung mehrere Bilder des gesehenen Gegenstandes im Auge erscheinen, weil verschiedenfarbige Strahlen eine verschiedenartige Brechung erfahren.

Die daraus herrührenden Vorteile der Dampflampenbeleuchtung haben dazu geführt, daß man sich bezüglich des Aufbaues der zugehörigen Leuchten in der letzten Zeit sehr stark den Sonderwünschen der einzelnen Verbraucherkreise anpaßte. Während man zunächst davon ausging, einfach vorhandene Leuchten zu verwenden und die Glühlampen durch Dampflampen ersetzte, hat man neuerdings Leuchten entwickelt, die ihrem ganzen Aufbau nach den besonderen Anforderungen der Dampflampe entsprechen. Zunächst erscheint es heute selbstverständlich, zur Erleichterung der Installation die zum Dampflampenbetrieb erforderlichen Vorschaltgeräte in der Leuchte selbst unterzubringen. Da es sich hier um Drosselspulen oder Streufeldumspanner handelt, die nur wenig Raum in Anspruch nehmen, entsteht bei geschicktem Aufbau kaum eine Vergrößerung der Gesamtleuchte gegenüber den von früher gewohnten Bauformen für Glühlampen. Außerdem hat man durch die Anordnung von verschiedenen Fassungsgruppen auch erreichen können, daß der Lichtstrom der Dampflampen mit gewöhnlichem Glühlampenlicht bereits in der Leuchte selbst weitgehend gemischt werden kann. Dieses Mischlicht verbindet mit den bereits erwähnten Vorzügen der Metalldampflampe außerdem denjenigen der weitgehenden farblichen Uebereinstimmung mit dem Tageslicht. Als zusätzliches Anwendungsgebiet kommen also für das Mischlicht alle diejenigen Räume in Frage, die ungünstige Tagesbeleuchtungsverhältnisse aufweisen, also häufig noch während des Tages eine zusätzliche künstliche Beleuchtung erfordern. Reines Glühlampenlicht würde für diese Zwecke deshalb ungeeignet sein, weil durch die rot-gelbe Glühlampenlicht-Farbe die störende Erscheinung des Zwielichtes hervorgerufen wird. Eine weitere Angleichung an das Tageslicht wurde kürzlich dadurch ermöglicht, daß man die Quecksilberdampf-Entladungsröhren in Glaskolben unterbringt, die auf der Innenseite mit Leuchtstoffen belegt sind. Diese Leuchtstoffe setzen das unsichtbare Ultraviolett der Quecksilberdampf-Lampe in sichtbare Rotstrahlung um. Die Lichtleistung dieser neuen Leuchtstofflampen ist die gleiche wie bei den früheren Quecksilberdampf-Lampen. Da auch ihre elektrischen Werte übereinstimmen, können sie sogar in der Mehrzahl der Fälle in den gleichen Leuchten verwendet werden.

Abb. 1 zeigt die Anwendung von Mischlicht in einem Laboratorium. Bei dem Aufbau der hier verwendeten AEG-Mischleuchte — Glasform „Gealux" — wurden erstmalig die beiden Lampenarten so angeordnet, daß sich die Dampflampe, von drei Glühlampen umgeben, in der Mitte des Glaskörpers befindet. Bei ausreichender Bemessung der Glühlampengröße erhält man bei dieser Anordnung bereits eine ausreichende Vermischung der verschiedenfarbigen Lichtströme innerhalb der Leuchte, so daß man auch verschiedenfarbige Schatten auf dem Glaskörper selbst vermeiden kann.

Da eine solche Pendelleuchte nur für hohe Räume geeignet ist, wurde die in Abb. 2 gezeigte AEG-Mischlicht-Deckenleuchte entwickelt. Die Lampenanordnung konnte grundsätzlich beibehalten werden, und durch Schrägstellung der Glühlampen wurde darüber hinaus erreicht, daß trotz der geringen Bauhöhe auch die Drosselspule im Leuchtenoberteil untergebracht werden konnte. Trotz der Aufteilung des Glühlampen-Lichtstromes auf drei Glühlampeneinheiten ist die Lichtausbeute solcher Leuchtenanordnungen noch sehr beachtlich hoch. Beispielsweise wird in der Deckenleuchte nach Abb. 2 mit einer Quecksilberdampf-Lampe HgQ 500 und drei Lampen je 100 W ein um rd. 5% höherer Lichtstrom, als der

Abb. 2. Arbeits- und Versammlungshalle mit Mischlicht-Deckenleuchten.

einer 500-W-Lampe erzeugt. Der Stromverbrauch beträgt dabei nur 430 W, so daß die Stromersparnis mit rd. 15% aufrecht erhalten bleibt. Neben diesen und ähnlichen Leuchtenausführungen für Innenräume stehen neuerdings auch Bauformen für Räume mit besonders starker Feuchtigkeitsentwicklung und entzündlichen bzw. explosiven Luftbeimischungen zur Verfügung. Die Anwendung der Metalldampflampen für die Straßenbeleuchtung konnte ebenfalls durch die Entwicklung von Spiegelleuchten weitere Fortschritte machen.

UNÜBERTROFFENE QUALITÄT
VORTEILHAFTE PREISE

KOHLEBÜRSTEN
BÜRSTENHALTER

Heid & Co. SCHÖNTHAL BEI NEUSTADT (WEINSTR.)
RHEINPFALZ - GAU SAARPFALZ
ELEKTROTECHNISCHE- und DYNAMOBÜRSTENFABRIK
Seit 1902

Einige lohnende Vertretungen noch zu vergeben

KRANE
für Kraftwerke, Zentralen
AUFZÜGE
TRANSPORTWAGEN
UMSETZWAGEN für Transformatoren

C. HAUSHAHN
MASCHINENFABRIK
STUTTGART - Fbch.

Montage-Universal-Instrument
VIWA-Meter!

V – Voltmeter für Gleich- und Wechselstrom
I – Isolationsmesser mit Kurbelinduktor
W – Widerstands-Meßbrücke (für feste und flüssige Leiter, Erdleitungen)
A – Ampèremeter für Gleich- u. Wechselstrom

Universell verwendbar für sämtliche vorkommenden Messungen!
Unentbehrlich für Installateure, Kraftwerke, Überlandzentralen!

Liste 220/2 anfordern!

EXCELSIOR-WERK Rudolf Kiesewetter
Leipzig 2 C1

Der
Trennschutz-
schalter
RWE (Heinisch-Riedl)

mit den
großen
Anschluß-
räumen

LUDWIG RICHTER · GÖRLITZ 6
Elektrotechnische Spezialfabrik

Technische Leistungen der AEG im Jahre 1938.

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Die starke Anspannung aller wirtschaftlichen Kräfte stellte auch die AEG im Jahre 1938 vor bedeutende technisch-wissenschaftliche und fabrikatorische Aufgaben. Sowohl für das Inland als auch für das Ausland wurden große Planungen auf dem Gebiet der Energieerzeugung durchgeführt. Der Auftragsbestand an Dampfturbinen überschritt die ungewöhnliche Höhe von 2,5 Millionen kW. In der Entwicklung ist deutlich eine Steigerung der Einzelleistung zu erkennen: über 60% der Gesamtleistung entfielen auf Maschinen mit 20 000 kW und mehr; dabei überwiegen die eingehäusigen, einflutigen Ausführungen bei weitem. Von dieser Bauart erhielt die AEG z. B. sechs gleiche Maschinensätze für je 45 000 kW in Auftrag. Für größere Industriekraftwerke wurde eine Anzahl Hochdruck-Gegendruckturbinen mit großer Leistung bei der AEG bestellt, darunter sind acht Maschinen für 25 000 kW, 90 atü Dampfdruck, 500° C Dampftemperatur und 3 atü Gegendruck.

Wanderumspanner, 100/100/40 MVA, 220/110/10 kV.

Auch Stromerzeuger bemerkenswerter Größe wurden im Berichtsjahr erfolgreich in Betrieb gesetzt, z. B. eine 50 000-kVA-Einheit, eine 45 000-kVA-Einheit und eine Einheit für 31 250 kVA, 60 Hz. In Auftrag genommen wurden neben vielen kleineren 40 Stromerzeuger mit mehr als 24 000 kVA Einheitsleistung, darunter 13 mit mehr als 50 000 kVA. Unter den Aufträgen auf große Wasserkraft-Stromerzeuger ist eine Bestellung auf drei Senkrechtgeneratoren je 70 000 kVA, 125 U/min, bemerkenswert; dies sind die größten bisher in Europa gebauten Wasserkraft-Stromerzeuger.

In besonders starkem Maße wurde die AEG für die Planung und den Bau vollständiger Dampfkraftwerke herangezogen. Am Ende des Berichtsjahres befanden sich Anlagen mit insgesamt 3800 t/h Kesselleistung und rd. 765 000 kW Maschinenleistung in der maschinen-, wärme- und bautechnischen Bearbeitung. 70% der Kesselleistung sind für einen Konzessionsdruck von 64 atü und darüber ausgeführt. Ein Industriekraftwerk von 270 000 kW Leistung ist unter diesen Anlagen besonders erwähnenswert.

Große Nachfrage herrschte auch nach Wanderumspannern (s. Abb.), von denen die erste Ausführung für 120 MVA und eine größere Anzahl für 30 MVA geliefert wurden. Acht weitere Einheiten der erstgenannten Größe befinden sich noch in Bau. Eine Spitzenleistung ist ferner der Ofenumspanner, von dem drei Einheiten jeweils zu einem Drehstromsatz für 36 MVA zusammengefaßt werden.

Bei den Schaltanlagen, die der AEG in außergewöhnlichem Umfang in Auftrag gegeben wurden, wurden als Leistungsschalter fast ausschließlich Druckgasschalter verwendet. Auch die Freistrahl-Druckgasschalter für Spannungen bis 220 kV fanden großen Anklang. Auf dem Gebiet der Mittelspannungsanlagen entwickelte die AEG die Regelbauweise, ein baukastenartiges Aufbausystem, bei dem mit wenigen Bauteilen eine große Anzahl von Ausführungen zusammengestellt werden kann.

Starkstromkondensatoren als ruhende Phasenschieber wurden in erhöhtem Maße von der Industrie bestellt. Neben mehreren Kondensatoranlagen für 800 ··· 2500 kVA wurde u. a. eine Regelbatterie für 3600 kVA in Auftrag genommen.

Auf dem Gebiet der Starkstromkabel und Freileitungen sind die Lieferungen einiger Oelkabelanlagen für 30, 60 und 100 kV bemerkenswert. Ein holländischer Auftrag auf etwa 90 km 150-kV-Oelkabel für 100 000 kVA Uebertragungsleistung wurde ausgeführt und das Kabel dem Betrieb übergeben. Auch eine Anzahl größerer Freileitungen für 220 und 100 kV wurde verlegt.

Mit der ständig wachsenden Ausdehnung der Elektrizitätsversorgung finden auch Fernwirkanlagen zunehmendes Interesse. Für das In- und Ausland wurde eine bedeutende Anzahl von Fernsteuer-, Fernmeß- und Fernregelanlagen in Auftrag genommen. Für das Fernsprechen längs Hochspannungsleitungen wurde mit Erfolg der neuentwickelte Hochfrequenz-Zwischenverstärker eingesetzt. Auch auf diesem Gebiet wurde eine Reihe bemerkenswerter Anlagen erstellt.

Auf dem Gebiet der Industrieanlagen wurden besonders dem Gleichrichter infolge des großen Aufschwungs der rohstofferzeugenden Industrie bedeutende Aufgaben gestellt. Auch vom Ausland kamen umfangreiche Aufträge auf AEG-Großgleichrichter, z. B. wurde für Ungarn eine Anlage für 36 000 A, 500 V zur Aluminiumelektrolyse bestellt. Auch Glühkathoden- und Trockengleichrichter wurden in großer Zahl geliefert.

Die Reihe gekapselter Drehstrommotoren AM wurde im Berichtsjahr auf das Gebiet kleinster Leistungen ausgedehnt, und zwar bis 0,18 PS bei vierpoliger Ausführung. Für die Eisenindustrie wurde eine beachtliche Anzahl großer Walzmotoren geliefert; auch die Entwicklung von Walzwerks-Hilfsmaschinen machte erhebliche Fortschritte. Für den Antrieb von großen Fördermaschinen, von Kreiselverdichtern, von Pumpen und vielen anderen Industrieanlagen konnte die AEG im Berichtsjahr zahlreiche Motoren von z. T. bemerkenswerter Größe erstellen. Für andere Industriezweige — z. B. die Metallindustrie — lieferte die AEG in großem Umfange Produktionsmittel, wie Elektroöfen, Schweißmaschinen usw.

Auf dem Gebiet der elektrischen Bahnen ist die Lieferung der 5000. Lokomotive, einer $1'D_0 1'$-Schnellzuglokomotive für 180 km/h Höchstgeschwindigkeit, zu erwähnen. Neben bedeutenden Lieferungen für die Deutsche Reichsbahn und ausländische Staatsbahnen konnten viele große Aufträge auf Hüttenwerks- und Abraumlokomotiven, Straßenbahn- und Obus-Ausrüstungen ausgeführt werden.

Im Fernmeldewesen traten die Bestrebungen nach Mehrfachausnutzung der Leitungen mit Hilfe von Trägerströmen immer mehr in den Vordergrund; daher erstreckte sich die Entwicklung in verstärktem Maße sowohl bei den Kabeln als auch bei den Apparaten auf die Hochfrequenz. Die Lieferungen und Aufträge nahmen auf allen Teilgebieten an Umfang erheblich zu.

Auch auf dem umfangreichen Gebiet der Meß- und Regeleinrichtungen sowie der Geräte für Beleuchtung, Haus und Werkstatt war die Arbeit der AEG im Berichtsjahr sehr erfolgreich: bemerkenswerte Neuentwicklungen wurden auf dem Markt gebracht, und die Umsätze konnten gegenüber dem Vorjahr erheblich gesteigert werden.

Starkstromkondensatoren in Mittelspannungsnetzen.

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Die Starkstromkondensatoren haben nicht nur auf dem Gebiet der tariflichen Blindstromkompensation, sondern auch bei ihrem Einsatz in den ausgedehnten öffentlichen und Industrienetzen in den letzten 10 Jahren eine ständig wachsende Anerkennung und Bedeutung erlangt. Während der aus rein tariflichen Gründen an zentraler Stelle oder auch an größeren Verbrauchergruppen eingebaute Kondensator bei geringer Abschreibungszeit meist überraschend hohe Ersparnisse für den Besitzer der Kondensatoranlage einbringt, gestattet der an richtiger Stelle im Netz angeordnete Kondensator durch Kompensation der in den Blindlastschwerpunkten auftretenden Magnetisierungsleistungen eine wirksame Entlastung der vorgeschalteten Übertragungsmittel und der Kraftzentrale. Durch diese Entlastung kann man entweder die Übertragungsverluste herabsetzen oder bei noch nicht vollausgelastetem Übertragungsquerschnitt weitere Wirklast anschließen.

Abb. 1. Spannungsreglung und Netzverstärkung durch Parallelkondensatoren in Mittelspannungsnetzen bei gleichbleibender Wirklast.

Im Fall der Entlastung eines Mittelspannungsnetzes, wie dieses in Abb. 1 in Gestalt einer langen stichförmigen Energieübertragungsanlage dargestellt ist, tritt durch die am Ende einer langen Freileitung eingesetzte Kondensatoranlage eine Scheinleistungsverringerung sowie eine Schwenkung des Scheinleistungsvektors ein, die einen verminderten Spannungsabfall an den vorgeschalteten ohmschen und induktiven Leitungs- und Netzreaktanzen bewirken. Die Folge davon ist, daß die ursprünglich bei starker Ueberlastung und schlechtem $\cos\varphi$ am Ende der Uebertragungsleitung herrschende Verbraucherspannung e_2 wesentlich gegenüber dem unkompensierten Zustand aufgebessert wird.

Das in Abb. 1 dargestellte Mittelspannungsnetz wies vor der Kompensation eine gleichbleibende Belastung von 3000 kW bei $\cos\varphi = 0{,}72$ auf. Der prozentuale Spannungsabfall betrug hierbei etwa 17%, bezogen auf die unveränderte Zentralenspannung. Die Klemmenspannung der am Ende angeschlossenen Motoren betrug nur 4710 V. Nach Einbau von 1200 kVar Kondensatorleistung ergab sich ein $\cos\varphi$ von 0,86, ein verringerter Spannungsabfall von nur etwa 10% und eine Verbraucherspannung von etwas über 5000 V. Durch Vergrößerung der Kondensatorleistung für eine Kompensation bis in die Gegend von $\cos\varphi = 1$ hätte man ohne Schwierigkeiten eine Anschlußspannung von 5500 V erreichen können.

Von Bedeutung ist, daß eine Verstärkung der Freileitung sowie der Abspanner, die bereits überlastet waren, vermieden werden konnte. Außerdem ergab sich neben der vor allem beabsichtigten Spannungsaufwertung eine Einsparung an Uebertragungsverlusten in Höhe von etwa 140 kW bzw. von rd. 10 000,– RM je Jahr. Hätte man die erwartete Spannungsaufwertung durch einen Sparumspanner oder einen Regelumspanner durchgeführt, so wäre eine Netzverstärkung unumgänglich geblieben; außerdem hätte man an Stelle der durch die Kondensatorbatterie erzielten Verlusteinsparung dauernd zusätzliche Eisen- und Kupferverluste für diesen Umspanner aufbringen müssen.

Abb. 2 zeigt einen Teil der 1200-kVar-Kondensatorbatterie, die auf einer großen Abraumförderbrücke auf der 5-kV-Seite und zur Entlastung der Abspanner z. T. auf der 400-V-Seite angeordnet wurde. Da sämtliche AEG-Kondensatoren Einzelwickelabstützung durch Wickelkernaussparungen und Führungsleisten aufweisen und somit von vornherein für erschütterungsreiche Betriebe geeignet sind, konnten reihenmäßige Kondensatoreinheiten auf der starken Erschütterungen ausgesetzten Abraumförderbrücke aufgestellt werden. Derartige Spannungsregelanlagen wurden von der AEG in den letzten Jahren in großer Anzahl für Mittelspannungsnetze geliefert.

Es ergibt sich also, daß durch den Einsatz von Parallelkondensatoren die sonst üblichen Mittel der Spannungsaufwertung am Ende langer Leitungen oder an Kuppelstellen in gewissem Umfang vermieden werden können und sogar durch eine bessere und wirtschaftlichere Anordnung ersetzt werden können. Während man durch Regelumspanner die Netzspannung gewissermaßen nur äußerlich durch Veränderung der Spannungshöhe beeinflussen kann, beeinflußt der Parallelkondensator die gesamten Uebertragungsverhältnisse sozusagen innerlich. Er vermag bei feinstufiger Reglung nicht nur das Niveau der Endspannung zu heben und zu senken, sondern auch den Charakter der Belastung umzugestalten. Er bewirkt eine Verringerung der Scheinleistung, er verbessert den $\cos\varphi$ sowie die Netzspannung und mindert die Uebertragungsverluste.

Abb. 2. Teilansicht einer 1200 - kVar - Kondensatoranlage zur Spannungsreglung, Netzverstärkung und Einsparung von Uebertragungsverlusten in einem Mittelspannungsnetz.

Fortsetzung von Seite 9

Prüfschaltung für den Generatorschutz.

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Obwohl die Stromerzeuger in den meisten Fällen unter ständiger Aufsicht stehen, ist dadurch keine Gewähr für rechtzeitige Abschaltung bei elektrischen Ueberlastungen und Erdschlüssen gegeben. Die Erfahrung hat gezeigt, daß es zweckmäßiger ist, diese Aufgabe besonderen, unter der Bezeichnung „Generatorschutz" zusammengefaßten Schutzrelais zu übertragen.

a = Kern für Erdschlußschutz, b = Kern für Messung, c, d = Kern für Differentialschutz, e = Kern für Ueberstromschutz, f = Nullpunktwandler, g = Ueberstromrelais, h = Erdschlußrelais, i = Differentialrelais, k = Kleinumspanner, l = Warnlampe, m = Anschluß für Leistungsschalter, n = Anschluß für Feldschwächschalter, o = Anschluß für Schütz, ü = Anschluß für Ueberstromkern, 1 = Schaltung für Betrieb, 2 = Schaltung für Prüfen

Abb. 1. Prüfschaltung für Generatorschutz.

Der Generatorschutz wird bei der Inbetriebnahme nach Einbau von Kurzschlußbrücken und Erdschlußverbindungen durch langsames Hochfahren bzw. Steigern der Erregung auf seine Empfindlichkeit geprüft.

Abb. 2. Kleinwandler.

Bei dieser Prüfung werden die Wandler und Meßleitungen miterfaßt; die Prüfung kommt also dem Verhalten bei tatsächlichen Fehlern am nächsten. Da aber zum Einbau der Kurzschlußbrücken der Stromerzeuger stillgesetzt werden muß und da die Prüfung durch praktischen Versuch etwa zwei Tage dauert, sind weitere Prüfungen dieser Art erst möglich, wenn der Stromerzeuger aus dem Betrieb gezogen wird. Das ist bei Industrieanlagen nur wenige Tage im Jahr möglich. Alle Relais müssen aber von Zeit zu Zeit zum Ablauf gebracht werden. Da es auf natürliche Weise meist Jahre dauert, bis die Relais durch einen Fehler im Stromerzeuger zur Betätigung angeregt werden, ist es zweckmäßig, sie künstlich durch Prüfdruckknöpfe und Hilfswiderstände in regelmäßigen Zeiträumen zu belasten und somit festzustellen, ob sie noch ordnungsgemäß arbeiten. Abb. 1 zeigt die Gesamtschaltung einer Prüfeinrichtung bei einem unmittelbar auf Sammelschienen arbeitenden Stromerzeuger, dessen Schutz Ueberstrom-, Differential- und Erdschlußrelais umfaßt. Besonderer Wert wurde darauf gelegt, daß keine Stromwandlerleitungen geöffnet zu werden brauchen und daß während der Prüfung die Schutzrelais weder Leistungsschalter noch Entregung betätigen.

Damit bei dieser Prüfung die Phasenlage mit den Stromerzeugerphasen übereinstimmt, wird die Prüfspannung dem Stromerzeuger entnommen. Hierzu dient ein Spannungswandler, dessen Grenzleistung auch noch die Prüfung der Ueberstromrelais mit 5 A gestatten muß. Um die Wandlerbelastung dabei zu verringern, werden Kleinwandler (Abb. 2) für 10 V sekundäre Prüfspannung vorgesehen. Zur gleichmäßigen Phasenbelastung erhalten die Kleinwandler eine Mischschaltung.

Während der Prüfung soll der Schutz ausgeschaltet sein und umgekehrt. Hierzu dient ein Hauptschalter im Prüfkasten (Abb. 3), der gleichzeitig mit Einschaltung der Kleinwandler die Betätigungsleitungen für Leistungsschalter und Feldschwächung auf Prüflampen umlegt. Bei ordnungsmäßigem Arbeiten der genannten Schalter müssen diese Lampen brennen, wenn die Relais geprüft werden. Zu diesem Zweck wurde beim Ueberstromrelais in allen drei Phasen, beim Differentialrelais in der mittleren Phase der Auslösewicklung je eine überlagerte Strombelastung durch Druckknopfbetätigung vorgesehen, um keine Stromwandler öffnen zu müssen. Beim Erdschlußrelais werden die Spannungs- und auch die im Abzweig der Schutzwandler befindliche Stromwicklung durch Umstellen eines besonderen Schalters mit Rückstellfeder von den Schutzwandlern abgetrennt und in einen Prüfstromkreis eingeschaltet.

Abb. 3. Prüfkasten.

Damit nicht vergessen wird, nach der Prüfung den Hauptschalter in Betriebstellung zurückzudrehen, wird von ihm, solange die Prüfstellung dauert, eine rote Lampe eingeschaltet. Zweckmäßig erhält der Hauptschalter ferner einen abnehmbaren Griff.

Fortsetzung von Seite 6

Der Heißwasserspeicher in Kleinwohnungen.

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

In Kleinwohnungen muß die elektrische Heißwasserversorgung der wirtschaftlichen Lage der Bewohner angepaßt werden. Die Heißwasserversorgung für Küche und Bad wird hier so veranschlagt, daß einer Heißwasservergeudung schon durch die Anlage selbst möglichst vorgebeugt wird und auch bei geringem Nutzungsgrad und mäßiger Inanspruchnahme der Geräte die nötige Wirtschaftlichkeit gewährleistet ist.

Abb. 1. Heißwasserspender mit Porzellan-Innenbehälter mit einer Nennaufnahme von 1200 W.

Zur Verminderung des Stromverbrauches werden Heißwasserspender, die ausschließlich mit Tagesstrom betrieben werden, bereits seit längerer Zeit mit Temperaturreglern für eine höchste Ausschalttemperatur von 60···65° C verwendet. Diese Temperatur genügt allen im Kleinhaushalt auftretenden Bedarfsfällen. Daß damit bei gegebenem Speicherinhalt die erreichbare Mischwassermenge geringer ist, wird mit Rücksicht auf die Ersparnis in Kauf genommen.

Den täglichen Schwankungen des Heißwasserbedarfes paßt sich das Gerät infolge seines verhältnismäßig hohen Anschlußwertes und seiner dadurch bedingten kurzen Aufheizzeit gut an. Die bei hohen Anschlußwerten früher oft festgestellte Heißwasservergeudung, die zu hohen Stromrechnungen führen könnte, verhindert man durch Verwendung des Druckknopfauslösers Bauart HR. Dieser Strombegrenzer trennt den Speicher beim Ansprechen des Temperaturreglers vollständig vom Netz. Der Automat wirkt mithin als Wiedereinschaltsperre nach erfolgter einmaliger Aufheizung des Speichers. Diese Gedanken führen für die Kleinwohnung zu folgenden Vorschlägen: In der Küche der Zwei- und Dreizimmerwohnung wird zweckmäßig ein Heißwasserspender mit 5 l Inhalt und Druckknopfauslöser HR vorgesehen. Hier hat sich besonders der Porzellanspender (Abb. 1) bewährt, der in hygienischer und mechanischer Hinsicht die bekannten guten Eigenschaften der Kupferspeicher noch übertrifft. Bei einer Nennaufnahme von 1200 W ist der Inhalt in etwa 15 min auf 60···65° C aufgeheizt. Der Temperaturregler unterbricht dann den Strom, und in demselben Augenblick trennt der außerhalb des Speichers installierte Druckknopfauslöser das Gerät vom Netz. Das Weiterheizen nach der Heißwasserentnahme setzt ein nochmaliges Eindrücken des Druckknopfes am Automaten voraus. Für die Dreizimmerwohnung oder für große Ansprüche wird für die Küche der 10-l-Heißwasserspender gewählt, der sich ebenfalls in der Ausführung mit Porzellan-Innenbehälter in mehreren tausend gelieferten Stücken vorzüglich bewährt hat. Die Nennaufnahme von 2000 W ermöglicht das Aufladen des Speicherinhaltes auf 60···65° C in etwa 20 min.

Die Hausfrau hat bei beiden Geräten die Steuerung ihres Heißwasserverbrauches und des Stromverbrauches vollkommen in der Hand. Die Geräte sind niemals eingeschaltet, wenn es nicht ausdrücklich gewünscht wird und deshalb der Druckknopfauslöser betätigt wird. Die möglichst hoch zu wählende Nennaufnahme des Gerätes führt in Siedlungen oder Wohnblocks keineswegs zu nennenswerten Betriebspitzen, denn die durch die hohe Nennaufnahme verkürzte Heizzeit bewirkt, daß der Gleichzeitigkeitsfaktor in derartigen Siedlungen sehr gering ist.

Die berechtigte Forderung nach einem Bad kann in derartigen Kleinwohnungen auch durch Einrichtung einer Brausenische oder eines kleinen Sitzbades erfüllt werden. Man verwendet dann für die Warmwasserversorgung des Brausebades einen 10-l-Heißwasserspender, Nennaufnahme 2000 W, mit einfacher Brausemischbatterie und Druckknopfauslöser HR. Dieser Spender wird mit Tagesstrom dem jeweiligen Warmwasserbedarf entsprechend aufgeheizt. Da die Aufheizzeit auf 60···65° C nur etwa 20 min erfordert, so können je nach Bedarf mehrere Brausebäder hintereinander bereitet werden.

Durch Mischen der 10 l Wasser aus dem Spender mit kaltem Leitungswasser erhält man 20···25 l Gebrauchswasser. Diese Warmwassermenge einer Aufladung reicht für ein kleines Brausebad aus.

Abb. 2. 30-l-Porzellanspeicher mit Badearmatur.

Wird eine höhere Warmwasserleistung gewünscht, so empfiehlt es sich, für das Brausebad bzw. für ein Sitzbad einen 30-l-Porzellanspeicher mit Badearmatur (Abb. 2) vorzusehen. Der 30-l-Speicher reicht zwar für die Bereitung eines Vollbades nicht aus, doch genügt die nach voller Aufheizung zur Verfügung stehende Warmwassermenge für ein kleines Sitzbad oder für die Entnahme von zwei Brausebädern hintereinander. Der 30-l-Speicher ist unmittelbar über einer Sitzbadewanne bzw. einem Brausebecken anzubringen.

Wenn die wirtschaftlichen und die räumlichen Verhältnisse es gestatten, können natürlich auch Badewannen in der für Vollbäder üblichen Größe aufgestellt und große Speicher installiert werden.

Doppelpolig isolierte Einphasen-Spannungswandler mit Porzellanisolation in beglaubigungsfähiger Ausführung.

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Die Zahl der Strom- und Spannungswandler der AEG, die bisher schon von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) zur Beglaubigung durch die elektrischen Prüfämter zugelassen wurden[1]), ist durch die doppelpolig isolierten Spannungswandler mit reiner Porzellanisolation Form VWP 10, 20 und 30 um eine wichtige Ausführung vermehrt worden. Die Wandler sind mit der Formbezeichnung BVWP 10, BVWP 20 und BVWP 30 in Klasse 0,5 und mit der Formbezeichnung BVWP 10e, BVWP 20e und BVWP 30e in Klasse 0,2 beglaubigungsfähig (Abb. 1). Die Nennleistungen in den beiden Klassen und die Grenzleistungen gehen aus der Zahlentafel hervor.

Primäre Nennspannungen kV	Klasse 0,5		Klasse 0,2		Grenzleistung VA
	Form	Nennleistung VA	Form	Nennleistung VA	
0,5 ··· 11,5	BVWP 10	120	BVWP 10 e	30	500
5,0 ··· 23,0	BVWP 20	180	BVWP 20 e	60	600
15,0 ··· 34,5	BVWP 30	210	BVWP 30 e	90	1000

Zahlentafel. Nennleistungen und Grenzleistungen.

Die Wandler dieser Baureihe sind nach völlig einheitlichen Gesichtspunkten, namentlich hinsichtlich ihres Isolationsaufbaues, entwickelt (Abb. 2). Ihre Bauform erfüllt alle Forderungen des Betriebes an Leistung, elektrische Sicherheit und Einbaumöglichkeit und kennzeichnet die Wandler unmittelbar durch ihr Aussehen als Trockenwandler. Infolge ihrer trockenen Ausführung ermöglichen sie, in Schaltanlagen für mittlere Betriebspannungen das Öl als Isoliermittel völlig auszuschalten.

Die Hochspannungswicklung ist nach einem neuen Verfahren in Porzellan eingeschlossen, das allein als Hochspannungsisolation dient. Das Hintereinanderschalten mehrerer Dielektrika ist durch entsprechende konstruktive Maßnahmen vermieden.

Physikalisch-Technische Reichsanstalt

Bekanntmachung
über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter

Nr. 500[1])

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, sind die folgenden Spannungswandlerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen und ihnen die beigesetzten Systemzeichen zuerteilt worden.

I. System 44, die Formen BVWP 10, BVWP 20 und BVWP 30, Spannungswandler für einphasigen Wechselstrom,

II. System 45, die Formen BVWP 10e, BVWP 20e und BVWP 30e, Spannungswandler für einphasigen Wechselstrom,

sämtlich hergestellt von der **Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin.**

Berlin-Charlottenburg, den 11. Februar 1939.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
In Vertretung: *Möller*

Abb. 1. Bekanntmachung der Beglaubigungsfähigkeit.

Die Durchschlagspannung der Wandler liegt wesentlich über ihrer Überschlagspannung, die wiederum über den vom VDE vorgeschriebenen Werten und noch über den Überschlagspannungen der entsprechenden Durchführungen liegt. Die besondere Ausführung der Hochspannungswicklung schließt Hohlräume und dadurch die Aufnahme von Feuchtigkeit aus. Durch eine günstige Wicklungsanordnung werden eine gute Durchkopplung der Hochspannungsspule und damit eine hohe Sprungwellensicherheit des Wandlers sowie „Schwingungsfreisein" erreicht. Glimm- und Gleitentladungen treten bis zur Höhe der vollen Prüfspannung nicht auf.

Als Spannungswandler mit reiner Porzellanisolation können die Wandler Form VWP in Innenräumen in jeder beliebigen Lage, also auch hängend, eingebaut werden. Hierdurch kann der Raum einer Schaltanlage bestmöglich ausgenutzt werden.

Reihe 30 Reihe 20 Reihe 10
Abb. 2. Doppelpolig isolierte Einphasen-Spannungswandler für 90, 60 und 30 VA.

[1]) s. auch AEG-Druckschrift Ms/V IIa/TRO/V 1143, Dezember 1937.

Stellengesuche

Kaufmännischer Direktor

aus der Elektro-Großindustrie, 48 Jahre, langjährige Erfahrungen im Großkabelwerk, Maschinen- und Apparatebau, Installations- und Zentralenbauwesen, tüchtiger Organisator und eingeführter Verkäufer, sucht neues Arbeitsgebiet oder übernimmt Vertriebsstelle für Sudetengau.

Zuschriften unter E. 3449 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Studierender — Maschinenbau

an der Ing.-Schule in Weimar, 4. Sem., sucht über die Ferien bezahlte Beschäftigung in einer Maschinenfabrik oder Kraftwagenfabrik. — Angeb. u. E 3443 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Langj. Betriebs-Bauleiter

mit großen langjähr. Erfahrungen in Bau, Betrieb und Unterhaltung von großen Wasserkraftwerken, Trafostationen und Netzbetrieben für Höchst-, Hoch- und Niederspannungs-Anlagen, sucht Stellung als Betriebsleiter, Bauleiter oder Betriebsingenieur. Ang. an **Ing. H. Steinel, Villingen/Schw.,** Adolf-Hitler-Str. 19. [3434]

Erfolgreiches kaufm. Vorstandsmitglied, Organisator, aus der Energieversorgung, 43, mit großen Verhandlungs- und Verkaufsfähigkeiten

sucht verantwortliche Mitarbeit

in der **Verkaufsorganisation** der Elektro-Industrie zur Pflege des Verkehrs mit den Werken der Energieversorgung des Großhandels bzw. der Vertreterorganisation. Zuschriften erbeten unter E 3461 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Stellenangebote

Ingenieur oder Techniker

möglichst aus der Elektrotechnik, gesucht für den Außendienst. — Bewerber mit Erfahrungen auf dem Gebiete der Montageüberwachung und der Projektenbearbeitung werden bevorzugt.
Bewerbungen mit Lichtbild, Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Gehaltsansprüchen erbeten unter dem Kennwort **LI 161** an [3448]

Auergesellschaft A. G.
Berlin N 65, Friedrich-Krause-Ufer 24

AEG

sucht

Konstrukteure

a) für Elektromotoren und Generatoren. **Kennwort M 116**
b) für Bahnapparate, insbesondere Überstromauslöser und Steuerungen. **Kennwort M 117**
c) für Werkzeuge und Vorrichtungen. **Kennwort M 118**

Elektro-Ingenieur

mit abgeschlossener Fachschulbildung, für Hochspannungslaboratorium. Es handelt sich um interessante Entwicklungsarbeiten auf dem Isolierstoffgebiet. Voraussetzung ist gute Auffassungsgabe für physikalische Vorgänge. **Kennwort M 120**

Fachschul-Ingenieur

(Elektrotechniker) als Verbindungsmann zwischen Isolierstoff-Laboratorium und Wickelei. **Kennwort M 121**

Schriftliche Angebote mit ausführlichem Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild, Gehaltsansprüchen, frühestem Eintrittstermin und Angabe des Kennwortes erbeten an [3456]

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft
Personal-Verwaltung Berlin NW 40

AEG

sucht zum sofortigen Eintritt:

Hochschulingenieure und Fachschulingenieure

zur Ausarbeitung von Projekten für Hoch- und Niederspannungs-Schaltanlagen, Umformerstationen, Stromerzeugungsanlagen.

Schriftliche Bewerbungen mit ausführlichem Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild, Gehaltsansprüchen und frühestem Eintrittstermin erbeten an [3447]

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft
Büro Berlin Berlin NW 7, Friedrichstr. 110—112

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

Inhalt

Verschiedenes

Inhalt des neuesten Heftes des Archiv für Elektrotechnik

26. HEFT · 60. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
29. Juni 1939
(769—792)

Elektrotechnische Zeitschrift

An die Herren Verfasser von Aufsätzen

Um angesichts des beschränkten Raumes der ETZ möglichst zahlreiche Aufsätze unterbringen zu können und im Interesse einer raschen Veröffentlichung der Arbeiten bitten wir, daß der Gesamtumfang von Aufsätzen im allgemeinen 3 ETZ-Seiten nicht überschreitet. Eine ETZ-Seite entspricht 4 Schreibmaschinenseiten mit je 30 Zeilen zu je 60 Zeichen. — Die Urschrift soll möglichst auf DIN-A-4-Bogen eingereicht werden und links einen 5 cm breiten Rand für die Druckfertigmachung, rechts einen freien Raum von 1 bis 2 cm aufweisen. Für jedes Bild einschließlich Unterschrift sind im Mittel 20 Schreibmaschinenzeilen (= ⅔ Schreibmaschinenseite) in der Urschrift abzuziehen. Für jede ETZ-Seite sind im allgemeinen nicht mehr als 1 bis 2 Bilder vorzusehen. Bei der Niederschrift sind das Heft „Gestaltung technisch-wissenschaftlicher Veröffentlichungen" und das „Kurztitelverzeichnis technisch-wissenschaftlicher Zeitschriften" (beide im Beuth-Verlag, Berlin SW 68) sowie die Empfehlungen des Ausschusses für Einheiten und Formelgrößen (AEF) und die DIN VDE-Schaltzeiten und Schaltbilder zu berücksichtigen. Für die Schreibweise technischer und physikalischer Gleichungen ist DIN 1313 maßgebend.

Sonderdrucke werden nur auf rechtzeitige Bestellung und gegen Erstattung der durch den besonderen Druck entstandenen Selbstkosten geliefert. Den Verfassern von Originalbeiträgen stehen bis zu 5 Expl. des betr. vollständigen Heftes kostenfrei zur Verfügung, wenn uns ein dahingehender Wunsch bei Einsendung der Handschrift mitgeteilt wird. Nach Druck des Aufsatzes erfolgende Bestellungen von Sonderdrucken können in der Regel nicht berücksichtigt werden.

Die **Anschriften** der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ sowie der Verfasser der **Aufsätze** befinden sich auf der letzten Textseite **jedes** Heftes.

Bezugsbedingungen

Die „Elektrotechnische Zeitschrift" erscheint in wöchentlichen Heften und kann im **In-** und **Ausland** durch jede **Sortimentsbuchhandlung** und jede Postanstalt bezogen werden. Bezugspreise: jährlich RM 40,—; vierteljährlich RM 10,—; monatlich RM 3,50. Hierzu tritt bei direkter Zustellung unter Streifband das Porto bzw. beim Bezuge durch die Post (nur vierteljährlich) die postalische Bestellgebühr. Einzelheft RM 1,50 zuzügl. Porto.

An die Verbandsmitglieder und Postbezieher

Beim Ausbleiben von Heften sind Beschwerden nicht an den Verlag, den VDE oder den VDE-Bezirk, sondern sofort an das zuständige Postamt zu richten. Spätere Heftnachforderungen können nur gegen Berechnung ausgeführt werden.

Bei jedem Wohnungswechsel — auch bei vorübergehendem — ist rechtzeitig (etwa 10 Tage vor dem Wechsel) ein Antrag an das Postamt der alten Wohnung auf Überweisung nach der neuen Anschrift zu stellen. Antragsformulare hierzu sind auf jedem Postamt erhältlich.

Bei dauerndem Wohnungswechsel haben außerdem die Mitglieder des VDE ihre alte und neue Anschrift der Geschäftsstelle des VDE, Mitgliederabteilung, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 (VDE-Haus), mitzuteilen. (Bei nur vorübergehendem Wohnungswechsel wolle man von dieser Mitteilung absehen.)

Die Erneuerung der Abonnements muß, um Störungen in der Zustellung zu vermeiden, stets rechtzeitig seitens der Bezieher erfolgen.

Anzeigenpreise und -bedingungen

Preise: Die gewöhnliche Seite RM 272,—, ½-, ¼-, ⅛-seitige Anzeigen bis herab auf eine $^1/_{64}$-Seite anteilig.

Rabatt: bei jährlich

3	6	13	26	52maliger Aufnahme
3	5	10	15	20 %

Gelegenheitsanzeigen sind sogleich bei Bestellung auf Postscheckkonto 118 935 Berlin, Julius Springer, zahlbar unter gleichzeitiger entsprechender Benachrichtigung an die Anzeigenabteilung des Verlages.

Stellengesuche RM 181,30 netto die Seite; Seitenteile entsprechend. Aufnahme nach Eingang der Zahlung.

Ziffernanzeigen. Für Annahme und freie Beförderung einlaufender Angebote wird eine Gebühr von mindestens RM 1,— berechnet.

Für besondere Plätze Aufschlag nach vorheriger Vereinbarung.

Beilagen: Preis für je 1000 Beilagen (bis 25 g Gewicht) einschl. Postgebühr: RM 20,—, Zahl der erforderlichen Beilagen auf Anfrage.

Erfüllungsort für beide Teile Berlin-Mitte.

Schluß der Anzeigenannahme: Montag vormittag 8 Uhr

Geschäftlicher Verkehr

Zuschriften und **Sendungen** für Anzeigen, Beilagen, Sonderdrucke und sonstige geschäftliche Fragen an die Verlagsbuchhandlung **Julius Springer**, Berlin W 9, Linkstr. 22-24. Drahtanschrift: Springerbuch Berlin. Fernsprecher: 21 81 11. — **Bankkonten:** Reichsbank-Girokonto: Deutsche Bank, Depositenkasse C, Berlin W 9, Berliner Handels-Gesellschaft, Berlin W 8. **Postscheckkonto:** Berlin Nr. 118 935. Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9.

AEG

Wir suchen:

1. für die Bearbeitung von Angeboten aller Art

einen Elektro-Ingenieur

mit Erfahrungen in der Projektierung von Hoch- und Niederspannungsanlagen. Bei Eignung ist Verwendung im Außendienst gegebenenfalls möglich.

2. **einen Zeichner** zur Anfertigung von Installations-Zeichnungen, Schaltplänen usw.

Bewerbungen mit Lebenslauf, Ausbildungsgang, Lichtbild, Gehaltsansprüchen und Eintritts-Datum erbeten an: [3396]

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Büro Cottbus, Kaiser-Friedrich-Str. 12.

Für die Bearbeitung unserer

Patentangelegenheiten

suchen wir eine akademisch gebildete Kraft, die ausreichende Erfahrung auf diesem Gebiete besitzt und möglichst über Kenntnisse im Kabelfach oder doch in der Elektroindustrie verfügt.

Ausführliche Bewerbungen mit Angabe der Gehaltsansprüche und des frühesten Eintrittstermins, unter Beifügung eines Lichtbildes, erbeten an [3433]

Rheinische Draht- und Kabelwerke G. m. b. H., Köln-Riehl

Dipl.-Ing. der Elektrotechnik

ideenreicher Konstrukteur, auch für feinmechanische Apparate, Bürstenhalter und Kontaktteile, sowie mit reicher Prüffeldpraxis in gute und dauernde Vertrauensstelle gesucht.

Heid & Co.
Elektrotechnische & Dynamobürstenfabrik
Schönthal bei Neustadt (Weinstr.)
Rheinpfalz Gau Saarpfalz [3418]

Zum sofortigen Eintritt

jüngerer Elektrotechniker (HTL)

mit Erfahrungen auf dem Gebiet der Schwachstromtechnik und Meßtechnik.
Angebote mit Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften, Gehaltsansprüchen sowie Angabe des frühesten Eintrittstermins an die

Versuchsanstalt für Kraftfahrzeuge an der Technischen Hochschule Berlin, Gartenufer

[3459]

Wir suchen

einen jüngeren Ingenieur

zur Durchführung physikalisch-technischer Untersuchungen im physikalischen Laboratorium,

einen jüngeren Ingenieur

zum Aufbau und zur Überwachung wärmetechnischer und elektrotechnischer Meßeinrichtungen im chemischen Betrieb,

einen jüngeren Chemotechniker

vertraut mit chemischer Materialprüfung, insbesondere Metallanalysen.

Angebote, welche die **Kenn-Nr. 171** tragen müssen, mit Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften sind unter Angabe der Gehaltsansprüche und des frühesten Eintrittstermines zu richten an die

Personal-Abteilung
I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Filmfabrik Wolfen Kr. Bitterfeld

[3422]

---

1 Berechnungsingenieur

zur Berechnung von Drehstrom-Motoren und Generatoren, mögl. mit Betriebspraxis, ferner

1 jüngerer Ingenieur

zur Unterstützung des Betriebsleiters gesucht.

Bewerber sollen mögl. Kenntnisse im Motorenbau besitzen.

Köhl-Elektromotorenbau A.G., Saarbrücken 5, Koblenzer Str. 20. [3436]

Junger Elektrotechniker

zur Bearbeitung von Schaltplänen und von elektrischen Ausrüstungen für Industriebauten per sofort gesucht.

Angebote unter Beifügung genauer Unterlagen, Lichtbild, Referenzen und Gehaltsansprüchen an [3442]

Jos. Meißner, Köln-Bayenthal, Postfach 57.

Wollen Sie etwas

günstig verkaufen? Dann ist das Beste, was Sie tun können, die Aufgabe einer „Kleinen Anzeige" in der ETZ. Die hohe Auflage unserer Zeitschrift und ihre allgemeine Verbreitung in Elektrofachkreisen bürgen für den Erfolg.

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder angezeigten Bücher sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen

Für den Textteil verantwortlich: Harald Müller VDE in Berlin. Für den Anzeigenteil: Albert Meyer, Berlin-Steglitz, Kühlebornweg 5 — D.-A. I. Vj. 20269. — Pl. 6 — Druck der Ernst Steiniger Druck- und Verlagsanstalt Berlin SW 68 — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9 — Printed in Germany

Hierzu Beilagen von **F. Klöckner K.-G., Köln-Bayenthal,** und — in einem Teil der Auflage — von **Walter Pestner, Buchhandlung, Leipzig O 5.**